

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Posouzení možnosti využití lanových drah v
městské dopravě

Assessment of Possibility of Using of Ropeways
in Urban Transport

Student: Radim Polcer
Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Ivana Olivková, Ph.D.

Ostrava 2012

Zadání bakalářské práce

Student: **Radim Polcer**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R003 Dopravní technika a technologie
Téma: **Posouzení možnosti využití lanových drah v městské dopravě**
Assessment of Possibility of Using of Ropeways in Urban Transport

Zásady pro vypracování:

Cíl: Na základě analýzy využití lanových drah v městské dopravě posoudit možnosti jejich uplatnění v konkrétních lokalitách měst ČR.

Osnova:

1. Úvod
2. Druhy lanových drah a jejich uplatnění
3. Analýza využití lanových drah v městské dopravě
4. Porovnání lanových drah s konvenčními systémy městské dopravy
5. Návrh uplatnění lanových drah v konkrétních lokalitách měst ČR
6. Vyhodnocení návrhů
7. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:


1. Drdla, P. Technologie a řízení dopravy - městská hromadná doprava. Pardubice, 2005. ISBN 80-7194-804-7.
2. Surovec, P. Provoz a ekonomika silniční dopravy I., VŠB-TU Ostrava, 2000, ISBN – 80-7078-735-X
3. Interní materiály firmy Doppelmayr, Leitner
4. Internetové stránky www.lanove-drahy.cz

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ivana Olivková, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012


doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 21.05.2012


.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21.05.2012



.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Radim Polcer

Adresa trvalého pobytu autora práce: K.H.Máchy 5404, 72200 Ostrava-Třebovice

ANOTACE BAKALÁŘKÉ PRÁCE

POLCER, R. *Posouzení možnosti využití lanových drah v městské dopravě : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2012, 59 s. Vedoucí práce: Olivková, I.

Bakalářská práce se zabývá posouzením možnosti využití lanových drah v městské hromadné dopravě. V úvodu je zmíněn krátký pohled do historie lanových drah v MHD a jsou uvedeny výhody, které lanová dráha v porovnání s konvenčními druhy MHD přináší. Následuje popis jednotlivých druhů lanových drah s analýzou možnosti jejich uplatnění v MHD, na který navazuje charakteristika základních komponentů lanové dráhy. V další části je uveden výpočet základních přepravních parametrů lanových drah a představení již existujících i plánovaných systémů lanových drah v MHD. Následně je navrženo uplatnění lanových drah v konkrétních lokalitách měst ČR s uvedením a znázorněním předpokládané trasy, analýzou současné dopravní situace, výpočtem základních přepravních parametrů, návrhem druhu lanové dráhy a vyhodnocením návrhů.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

POLCER, R. *Assessment of possibility of using of ropeways in urban transport : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2012, 59 p. Thesis head: Olivková, I.

This bachelor thesis engages with the assessment of possibility of using of ropeways in urban transport. In the introduction, there are mentioned a brief look into the history of ropeways in urban transport and advantages, that ropeways bring in compare with conventional arts of urban transport. Following part describes arts of the ropeways with analysis their using in urban transport, after that there is a characteristic of the base components of ropeway. In the next part, there is mentioned a calculation of the base transportation parameters of ropeways and introducing of both existing and planned systems of ropeways in urban transport. The main part of the thesis engages with using of ropeways in the concrete localities in czech cities with illustration of expected route, analysis of the current transportation situation, calculation of the base transportation parameters, suggestion of art of the ropeway and evaluation of the suggestions.

Obsah

Seznam použitých zkratk	7
1. Úvod	8
2. Druhy lanových drah a analýza jejich možností uplatnění v MHD	11
2.1. Dělení podle provedení dopravní cesty	11
2.2. Dělení podle způsobu provozu	12
2.3. Dělení podle počtů typů lan	13
2.4. Dělení podle způsobu připojení vozů k lanu	15
2.5. Dělení podle druhu použitých vozů	16
3. Komponenty lanové dráhy	17
3.1. Stanice	17
3.2. Kabiny a vozy	17
3.3. Trasa – podpěry a lano	18
3.4. Pohon	19
3.5. Přední výrobci lanových drah	20
4. Porovnání lanových drah s konvenčními systémy MHD	22
4.1. Min. rentabilní a max. přepravní kapacita dosažitelná jednotlivými systémy MHD	22
4.2. Porovnání přepravních charakteristik a investičních nákladů na projektu lanové dráhy v Mnichově	22
5. Výpočet a stanovení základních tech. a provozních parametrů lanových drah	24
5.1. Výpočet šikmé délky trasy lanové dráhy	24
5.2. Výpočet průměrného sklonu trasy lanové dráhy	24
5.3. Výpočet časového intervalu vozů lanové dráhy	24
5.4. Výpočet oběžné doby u jednotlivých druhů lanových drah	25
5.5. Výpočet cestovní doby u odpojitelné oběžné kabinové lanovky	26
5.6. Výpočet potřebného počtu vozů oběžné lanové dráhy	26
6. Příklady již existujících a plánovaných systémů lanových drah v MHD	27
6.1. Medellín, Kolumbie	27
6.2. Manizales, Kolumbie	28
6.3. Rio de Janeiro, Brazílie	29
6.4. Caracas, Venezuela	30

6.5. Constantine, Skikda a Tlemcen, Alžírsko	31
6.6. Londýn, Velká Británie	32
6.7. Barcelona, Španělsko	33
6.8. Nizhny Novgorod, Rusko	34
6.9. Hong Kong	35
6.10. Ústí nad Labem, Česká republika	36
6.11. Koblenz, Německo	37
6.12. Hamburg, Německo	38
6.13. Mnichov, Německo	39
7. Návrh městských lanových drah v konkrétních lokalitách měst ČR	40
7.1. Ústí nad Labem	40
7.2. Praha (Barrandov – Nové Butovice)	45
7.3. Praha (Holešovice – Velká Skála)	49
8. Vyhodnocení návrhů	54
9. Závěr	56
10. Poděkování	57
11. Seznam použité literatury	58
12. Zdroje obrázků	59

Seznam použitých zkratk

BUGA	Bundesgartenschau (spolková zahrádkářská výstava)
DS	Dolní stanice
EXPO	Mezinárodní výstava
IAD	Individuální automobilová doprava
IDS	Integrovaný dopravní systém
IGA	Internationale Gartenbauausstellung (mezinárodní zahrádkářská výstava)
HS	Horní stanice
MHD	Městská hromadná doprava
MS	Mezistanice
LD	Lanová dráha

1. Úvod

Cílem této bakalářské práce je analyzovat a posoudit možnost využití lanových drah v pravidelné městské hromadné dopravě jako alternativu ke konvenčním dopravním systémům MHD a navrhnout uplatnění lanových drah v konkrétních lokalitách českých měst Ústí nad Labem a Praha.

Historicky jsou lanové dráhy součástí městské hromadné dopravy již od pradávna. Mezi průkopníky patří bezesporu Praha, kde byly již v roce 1891 postaveny a uvedeny do provozu pozemní lanovky na Letnou a Petřín. Podobné dráhy byly ve stejném období vybudovány například také v Paříži, Bernu, Drážďanech, Hong Kongu, Heidelbergu, Grazu, San Franciscu nebo Neapoli. Ve všech případech se ovšem jednalo o nepřiliš kapacitní pozemní (a později taktéž visuté kyvadlové) lanové dráhy, které spíše než nosný systém plnily spíše doplňkovou funkci městské hromadné dopravy na krátkých, avšak strmých trasách. Často tyto lanovky zpřístupňovaly turistické cíle, jako jsou nejruznější rozhledny, vyhlídky, hrady nebo pevnosti a měly tedy z hlediska významu přepravy více turistický než městský charakter. Později se ve městech začaly objevovat také visuté oběžné (ať už kabinkové nebo sedačkové) lanové dráhy přepravující návštěvníky rozsáhlých výstav nebo zábavních parků, vedoucí často po rovině s trasou s nulovým převýšením. V případě výstav (EXPO, BUGA, IGA a další) existovaly tyto dráhy často pouze dočasně a po jejich skončení byly demontovány a našly využití jinde, ať už v horách nebo na jiné výstavě. Cílem těchto drah ale nebyla ani tak přeprava cestujících z místa na místo, jednalo se spíše o vyhlídkovou atrakci a ani zde se tedy příliš nedá hovořit o klasické městské hromadné dopravě.

Teprve na počátku nového milénia se moderní vysokokapacitní visuté lanové dráhy začaly uplatňovat jako plnohodnotná součást městské hromadné dopravy (první takováto „pravá“ městská lanovka byla uvedena do provozu v roce 2004 ve městě Medellin, v současnosti jsou zde lanové dráhy provozovány již tři). Nejvíce se tento druh městské dopravy rozvíjí ve městech států Jižní Ameriky (Medellin, Manizales a Cali v Kolumbii, Caracas ve Venezuele, Rio de Janeiro v Brazílii atd.) a taktéž v Alžírsku (města Constantine, Tlemcen, Skikda a Alžír), v současnosti se však objevují stále častěji podobné projekty také v Evropě. Mezi první evropské „vlaštoky“ bude patřit desetimístná kabinková lanová dráha od firmy Doppelmayr v Londýně spojující dva břehy řeky Temže, která je momentálně těsně před dokončením. Další takovéto projekty existují například v německém Mnichově a Hamburku nebo srbském Bělehradě. Využití lanové dráhy

v městské hromadné dopravě přináší bezpočet výhod. Odpadá negativní ovlivňování provozu houstnoucím silničním provozem, protože dopravní cesta lanové dráhy je na tomto provozu pochopitelně zcela samostatná a nezávislá. Z toho plyne i vysoká bezpečnost lanové dopravy. Díky elektrickému pohonu s nulovými emisemi jsou lanové dráhy mimořádně šetrné k životnímu prostředí, což je v obytných oblastech velmi důležité a mezi jejich přednosti patří také tichý provoz, což je možné díky soustředění pohonu do jednoho místa.

Ve prospěch lanových drah oproti konvenčním systémům městské hromadné dopravy hovoří také nízké provozní a investiční náklady. Oproti například tramvajové dopravě dosahují tyto náklady jen 1/3 až 1/2 a lanové dráhy jsou přitom schopny disponovat vysokým přepravním výkonem (s dvoulanovými systémy, zejména se systémem 3S, lze dosáhnout přepravní kapacity v jednom směru až 6000 osob/hod). Taktéž dopravní rychlost lanové dráhy je srovnatelná s cestovní rychlostí tramvaje nebo autobusu v zastavěném území – u jednolanových systémů činí standardní dopravní rychlost 6 m/s (teoreticky možno zvýšit až na 7 m/s), u dvoulanových pak 7,5 m/s (teoreticky se lze dostat až na 8,5 m/s). Díky v porovnání s pozemními druhy dopravy zanedbatelné ploše potřebné pro umístění stanic a patek podpěr je zábor pozemků velmi malý - vzdálenost mezi podpěrami u jednolanových systémů může dosahovat až 400 metrů, u dvoulanových až 2000 metrů. Relativně nízká je také doba výstavby, dle náročnosti stavebního řešení stanic se pohybuje od 6 měsíců do 1 roku. Pro cestující má velký význam kontinuální provoz vozů u oběžných systémů, díky čemuž v porovnání s konvenčními druhy MHD zcela odpadají čekací doby na zastávkách (a to aniž by došlo ke zvýšení počtu zaměstnanců – obsluhy), resp. se snižují na pouhých 10 – 30 s, což je průměrný časový interval vozů lanové dráhy. Kromě toho jde o netradiční a vysoce atraktivní druh dopravy - díky výšce vedení lana nad zemí pohybující se v rozmezí 15 až 60 m (u dvoulanových systémů možno i mnohem více) nabízí cestujícím perfektní výhled do okolí. Velkou výhodou je také snadné propojení s ostatními druhy MHD prostřednictvím přestupních terminálů a bezbariérovost (nástup do kabin je u moderních lanovek možný v úrovni podlahy stanic). Lanové dráhy disponují rovněž širokou rozmanitostí druhů, od malých kyvadlových lanovek nebo šikmých výtahů až po vysokokapacitní oběžné kabinové dráhy. To umožňuje zvolit vhodný systém pro takřka jakoukoliv požadovanou přepravní kapacitu.

Provoz lanové dráhy také není negativně ovlivňován nepříznivými povětrnostními podmínkami, jako jsou například sněhové kalamity apod. Oproti pozemním druhům dopravy jsou visuté lanové dráhy sice náchylnější na silný vítr, avšak i to se dá řešit

například instalací přídavných závaží do kabin, případně speciálním systémem Funitel, který umožňuje provozování lanové dráhy až do rychlosti větru 130 km/h. Ve městech je ale stejně tak silný vítr krajně nepravděpodobný a tato opatření tak nacházejí uplatnění především u klasických horských lanovek. V zimním období je možno vozy a kabiny elektricky vyhřívat. Z provozního hlediska je taktéž bezproblémové řešení rozdílné přepravní poptávky ve špičce a sedle, kdy je možno regulovat počet nasazených kabin a tím jejich časový interval, a to díky rychlým výhybkám dokonce i za plného provozu. Relativně jednoduché technické řešení lanových drah zaručuje taktéž jejich vysokou spolehlivost. Největší předností lanových drah je však snadné překonávání terénních překážek jako jsou strmé svahy, vodní plochy, rokliny, atd. Výhodnost lanové dráhy se oproti ostatním systémům MHD pochopitelně rapidně zvyšuje s rostoucím převýšením trasy, avšak stále více a úspěšně se ve městech díky výhodám zmíněným výše uplatňují i lanové dráhy vedoucí zcela po rovině.

Pochopitelně ne všude bude lanová dráha výhodná, její trasu je nutno volit s ohledem na délku trati (optimálně do 5 – 6 km, maximálně do 9 km, při vyšší délce by už neúměrně narůstala cestovní doba) a taktéž na charakter přepravních proudů v dané oblasti (lanové dráhy se dobře uplatní v linkovém vedení zejména v koncových úsecích, kdy cestující přestoupí z konvenčního systému MHD na lanovou dráhu, která ho doveze přímo do cíle své cesty, případně jako přibližovací zařízení k dopravním uzlům).



Obr. 1 Městská lanová dráha v kolumbijském Medellín (Linka K)

2. Druhy lanových drah a analýza jejich možností uplatnění v MHD

2.1. Dělení podle provedení dopravní cesty

2.1.1. Pozemní lanové dráhy

U pozemních lanových drah se vozy pohybují po jízdni dráze, která je umístěna v úrovni země, příp. na mostech, náspech nebo v tunelech a jsou taženy tažným, resp. přitažným lanem. Pokud je pohon lanové dráhy umístěn v horní stanici a na trase se nenachází žádný vodorovný úsek nebo protisklon, vozy jsou navzájem spojeny pouze tažným lanem. V opačném případě (pohon v dolní stanici nebo vodorovný úsek/protisklon na trase), je nutno použít navíc přitažné lano, které vytvoří společně s tažným lanem nekonečnou smyčku. Standardně mívá pozemní lanová dráha celkem dva vozy, které se pohybují kyvadlově proti sobě a mívají se uprostřed trati v Abtově výhybně (celou trasu je ale možno udělat také jako dvoukolejnou a pak má každý vůz vyhrazenou svou vlastní kolej), případně může být použit pouze jeden vůz a pohon je pak často řešen na principu navijáku.

Jízdni dráhu tvoří nejčastěji klasické železniční kolejnice s pražci, u menších a kratších pozemních lanovek, tzv. šikmých výtahů, se používá jednokolejnicová dráha na principu monorailu. V současnosti se začínají rozšiřovat jako součást dopravního systému na letištích, v obchodních centrech atd. tzv. Automatic People Movers s plně automatizovaným provozem, jejichž nápravy jsou vybaveny koly s pneumatikami vedenými po ocelové jízdni dráze. A zcela speciálním případem jsou pozemní lanové dráhy, jejichž vozy se pohybují na vzduchovém polštáři.

Pozemní lanové dráhy jsou součástí městské hromadné dopravy už od pradávna, vždy ovšem tvořily pouze její doplněk na krátkých trasách. Výše uvedené Automatic People Movers jsou ovšem díky své dopravní rychlosti schopny nahradit i klasickou kolejovou dopravu a mohou se tak stát plnohodnotnou součástí MHD. A to jak na vodorovných trasách, tak na trasách se strmým stoupáním, kde se naplno projeví jejich přednosti. Jejich vozy, resp. soupravy jsou většinou k tažnému lanu připojeny neodpojitelně, což vzhledem ke kyvadlovému provozu omezuje počet nasazených souprav na dvě. V současnosti již ale firma Leitner nabízí i tzv. MiniMetro, kde jsou vozy k tažnému lanu připojeny odpojitelně,

což umožňuje počet nasazených souprav/vozů zvýšit na takřka libovolnou hodnotu a dosáhnout tak velmi vysokých přepravních výkonů.

Přepravní charakteristiky pozemních lanových drah [1]:

Přepravní kapacita v 1 směru: do 8000 osob/hod (závislá na délce trasy)

Kapacita 1 vozu/soupravy: do 450 osob

Maximální dopravní rychlost: 14 m/s (50,4 km/h)

Způsob připojení vozu k tažnému lanu: neodpojitelně i odpojitelně

2.1.2. Visuté lanové dráhy

Na rozdíl od pozemní lanovky je u visuté lanové dráhy nosným a zároveň tažným prvkem ocelové lano. To je na trati nesené a vedeno prostřednictvím podpěr, které jsou vybaveny kladkovými bateriemi s kladkami a ve stanicích pak odkláněno do opačného směru pomocí poháněcích a vratných lanáčů. Díky vedení dopravní cesty v určité výšce nad zemí umožňují visuté lanové dráhy mj. snazší překonávání terénních překážek a vyžadují taktéž výrazně menší zábor pozemků. Lze je dále dělit podle několika kritérií.

2.2. Dělení podle způsobu provozu

2.2.1. Kyvadlové lanové dráhy

U kyvadlové lanové dráhy se zpravidla pohybují 2 kabiny ve dvou samostatných větvích proti sobě, přičemž při každé jízdě se mění směr pohybu lana. Kyvadlovou lanovku je možno realizovat také jako jednovětvovou s jedinou kabinou, a to buď se standardním pohonem, kde tažné lano tvoří nekonečnou smyčku a jeho vratná větev je vedena vedle jízdni větve, nebo s pohonem na principu navijáku. Kabiny mohou mít prakticky libovolnou kapacitu, největší existující kyvadlová lanovka má kabiny pro 200 osob v dvoupatrovém provedení. Výstup a nástup cestujících se stejně jako u pozemních lanovek uskutečňuje za klidu. Kyvadlové lanovky mají z visutých lanovek nejvyšší dopravní rychlost (až 12,5 m/s, avšak na podpěrách je nutno zpomalovat) a společně s dvoulanovým systémem 3S taktéž nejsnadněji překonávají těžký a nepřístupný terén. Nevýhodou je ovšem poněkud nižší přepravní kapacita, která vzhledem k omezení počtu kabin na dvě klesá s rostoucí délkou trasy. Částečně to lze řešit tandemovým provozem, kdy je na jedné větvi místo jedné kabiny umístěna skupina 2 nebo 3 kabin za sebou, nebo u lanovek s mezistanicí umístěnou uprostřed trasy pak i čtyřvozovým provozem, což ovšem s sebou přináší nutnost v této mezistanici přestupovat. V městské hromadné dopravě naleznou kyvadlové lanovky omezené uplatnění především na kratších trasách.

Přepavní charakteristiky kyvadlových lanových drah [1]:

Přepavní kapacita v 1 směru: do 2800 osob/hod (závislá na délce trasy)

Kapacita 1 vozu: do 200 osob

Maximální dopavní rychlost: 12,5 m/s (45 km/h)

Maximální volné rozpětí lana: 1500 m

Způsob připojení vozu k tažnému lanu: neodpojitelně

2.2.2. Oběžné lanové dráhy

Na rozdíl od kyvadlových lanovek se u oběžných směr pohybu lana nemění a ve stanicích tak vozy vždy objíždějí poháněcí/vratný lanáč, resp. staniční oblouk u odpojitelných systémů. Dopavní (resp. u dvoulanových systémů tažné) lano je zapleteno do nekonečné smyčky. Pro využití v městské hromadné dopravě jsou právě oběžné lanové dráhy díky svému kontinuálnímu provozu nejvýhodnější – zcela zde odpadají čekací doby ve stanicích, protože jednotlivé vozy opouští stanici ve velmi krátkých intervalech, které závisí na přepavní kapacitě a počtu nasazených vozů. Zároveň zde délka trasy nijak nelimituje přepavní kapacitu.

Speciálním případem oběžných lanovek jsou pulzační lanové dráhy, kde princip pulzačního systému spočívá v periodicky se opakujícím režimu střídání traťové a staniční rychlosti a taktéž v seskupení vozů neodpojitelně uchycených k dopavnímu lanu do několika skupin, čímž je možno dosáhnout na trati stejné dopavní rychlosti jako u odpojitelných lanovek při podstatně menších pořizovacích nákladech. Jeho nevýhodou je pak zpomalování chodu lanovky během jízdy, když skupiny kabin projíždějí koncovými stanicemi, případně mezistanicemi, a taktéž nižší přepavní kapacita daná nižším počtem vozů, takže uplatnění v MHD je podobné jako u kyvadlových lanovek.

2.3. Dělení podle počtů typů lan

2.3.1. Jednolanové dráhy

Podle počtu druhů typů lan se lanové dráhy dělí na jednolanové a dvoulanové (často se vyskytuje i nesprávné dělení podle počtu lan samotných na jedno-, dvou-, troj- a čtyřlanové). U jednolanové dráhy je nosná i tažná funkce sloučena do jediného – dopavního lana. Právě oběžné jednolanové dráhy (v provedení s odpojitelnými osmi- nebo deseti-, výjimečně i patnáctimístnými kabinami) nacházejí v současnosti ze všech druhů lanovek v městské hromadné dopravě díky své nižší investiční náročnosti největší uplatnění. Kabiny bývají 4 (dříve i 2) až 16-ti místné. [2]

Speciálním druhem jednolanových drah jsou dráhy s tzv. zdvojeným dopravním lanem označované názvem Funitel, které zaručují díky zdvojenému dopravnímu lanu (stále však jde o jedinou nekonečnou smyčku) s rozchodem 3,2 m vysokou větruvzdornost a umožňují provozování lanové dráhy až do rychlosti větru 130 km/h.

Přepravní charakteristiky oběžných jednolanových drah [1]:

Přepravní kapacita v 1 směru: do 4000 osob/hod

Kapacita 1 vozu: do 16 osob

Maximální dopravní rychlost: 6,0 m/s (21,6 km/h)

Maximální volné rozpětí lana: 400 m

Způsob připojení vozu k dopravnímu lanu: neodpojitelně i odpojitelně



Obr. 2 Nová osmimístná oběžná kabinová lanovka v portugalském městě Gaia

2.3.2. Dvoulanové dráhy

U dvoulanových drah se vozy pohybují po nehybném nosném laně a jsou taženy tažným lanem (nejčastější kombinace jsou 1 nosné a 1 tažné lano – systém 2S a 2 nosná a 1 tažné lano – systém 3S). Dvoulanové dráhy umožňují realizovat mnohem větší volná rozpětí lana než jednolanové, což snižuje potřebný počet podpěr. Maximální výška vedení lana nad terénem je dána možností evakuace cestujících v případě neprovozuschopnosti lanové dráhy (pro výšku nad terénem do 60 metrů je uplatňováno klasické slaňování, u větších výšek je nutné lanovou dráhu vybavit separátní záchrannou lanovkou nebo zabezpečit evakuaci cestujících jiným způsobem, například prostřednictvím vrtulníku se záchranným košem). Výhodou dvoulanových systémů je taktéž lepší jízdní komfort na

trati, protože při průjezdu přes podpěry odpadá „drncání“ typické pro jednolanové systémy, vyšší dopravní rychlost, vyšší větruvzdornost (možno provozovat až do rychlosti větru 100 km/h), a také nižší energetická náročnost oproti jednolanovým systémům. Nevýhodou jsou pak vyšší investiční náklady. I dvoulanové systémy (zejména 3S) nacházejí v městské hromadné dopravě široké uplatnění (zatím ovšem spíše ve fázi projektů), výhodné jsou pro delší trasy s menším počtem mezistanic. Kabiny bývají 4 až 17-ti místné u systému 2S a 20 až 35-ti místné u systému 3S.

Přepravní charakteristiky oběžných dvoulanových drah [1]:

Přepravní kapacita v 1 směru: do 6000 osob/hod

Kapacita 1 vozu: do 17 osob (2S), do 35 osob (3S)

Maximální dopravní rychlost: 8,5 m/s (30,6 km/h)

Maximální volné rozpětí lana: 1500 m

Způsob připojení vozu k tažnému lanu: odpojitelně

2.4. Dělení podle způsobu připojení vozů k lanu

2.4.1. Neodpojitelné lanové dráhy

U neodpojitelných lanových drah zůstává vůz při průjezdu stanicí trvale připojen k lanu (nastupování a vystupování cestujících se tedy uskutečňuje za pohybu lanové dráhy), což omezuje dopravní rychlost na nejvýše 3 m/s. Z tohoto důvodu se tyto systémy (a to pouze v provedení se sedačkami) uplatňují výhradně v lyžařských střediscích, jejich výhodou jsou výrazně nižší pořizovací náklady oproti odpojitelným systémům.

2.4.2. Odpojitelné lanové dráhy

Naopak u odpojitelných lanových drah se při vjezdu do stanice spínací aparát vozu ve vypínadle od lana odpojí, zpomalí a dále se pohybuje po kolejnici prostřednictvím pneumatikových nebo řetězových staničních dopravníků, během výjezdu ze stanice se pak v zapínadle k lanu zase připojí. Velkou výhodou odpojitelných systému je tak vysoká rychlost na trase (až 8,5 m/s u dvoulanových a 6 m/s u jednolanových systémů) a naopak pomalá rychlost ve stanicích (do 1 m/s u sedačkových a 0,3 m/s u kabinových, případně může vůz ve stanici na určitou dobu i zcela zastavit), která umožňuje bezpečné a komfortní nastupování a vystupování cestujících. Nevýhodou jsou pak výrazně vyšší pořizovací náklady a náklady na údržbu v porovnání s neodpojitelnými systémy. Spínacích aparátů bylo z hlediska konstrukce a zajištění svěrné síly vyvinuto několik druhů, od šroubových a s talířovými pružinami po dnes nejčastěji používané s vinutými pružinami nebo s torzními

tyčemi. Díky odpojitelnosti vozu od lana je možno vozy bez problémů garážovat v depu, čímž lze mj. regulovat počet nasazených vozů a tím i jejich časový interval.

2.5. Dělení podle druhu použitých vozů

2.5.1. S uzavřenými vozy (kabinové)

Kabinové lanovky jsou pro využití v městské hromadné dopravě nejvhodnější, protože jsou u nich cestující zcela chráněni před nepříznivými povětrnostními podmínkami.

2.5.2. S otevřenými vozy (sedačkové)

Naopak sedačkové lanovky nacházejí uplatnění výhradně v lyžařských střediscích, protože umožňují přepravu cestujících s lyžemi na nohou, což poskytuje lyžařům větší komfort. V současné době bývají tyto lanovky často vybavovány sklopnou plexisklovou kapotáží (tzv. bublinou) pro ochranu cestujících před nepříznivými povětrnostními podmínkami. Ve městě si lze využití sedačkové lanovky představit pouze jako výletní nebo turistické dráhu, nikoliv jako plnohodnotnou součást MHD.

2.5.3. Kombinované

Speciálním případem jsou kombinované lanové dráhy, kde se v pravidelném poměru střídají na stejném dopravním laně jak sedačky, tak kabiny. Stanice jsou rozděleny do zón pro nástup buď do kabin, nebo na sedačky a každý si tak může vybrat, jakým druhem vozu pojedje. Stejně jako sedačkové lanovky se i kombinované lanové dráhy vyskytují výhradně v lyžařských střediscích.

3. Komponenty lanové dráhy

3.1. Stanice

Stanice lanové dráhy je možno koncipovat jako rozsáhlé komplexy zahrnující celou řadu doprovodných služeb, ale také naopak jako jednoduché prostorově úsporné objekty obsahující velín a staniční technologii s opláštěním. Každá lanová dráha má dvě koncové stanice – poháněcí stanici, ve které je umístěn pohon, a protilehlou vratnou stanici. Napínací systém lana (v současnosti se využívá výhradně hydraulický, dříve byl však nejrozšířenější mechanický s napínacím závažím) pak může být umístěn v libovolné z nich, v případě umístění do poháněcí stanice se celý pohon nachází na pohyblivém napínacím vozíku. Trasa lanové dráhy může mít jednu nebo několik mezistanic, ať už jednovětвовých (nastupovat a vystupovat lze pouze v jednom směru) nebo dvouvětвовých (nastupovat a vystupovat lze v obou směrech).

Z hlediska přístupu může být nástupiště stanice umístěno jak v úrovni okolního terénu, tak v patře, bezbariérovost je pak řešena prostřednictvím výtahů. Samotný nástup do kabin/vozů je u moderních lanových drah realizován výhradně jako bezbariérový v úrovni staničního nástupiště. Důležité je vybavení stanice patřičnými piktogramy, obzvláště pokud jde o rozsáhlejší komplexy zahrnující i doprovodné služby jako jsou obchody, knihovny nebo restaurace. Specifikem lanových drah na rozdíl od jiných druhů dopravy je výraznější viditelnost technických zařízení, což plyne ze skutečnosti, že samotné vozy nejsou vybaveny žádným pohonem. Ten je naopak společně s např. staničními dopravníky u odpojitelných systémů umístěn do stanic, je tedy důležité architektonicky vhodně skloubit tato technická zařízení se samotnými budovami.

Každá kabinová oběžná odpojitelná lanová dráha je vybavena depem pro garážování kabin, které je využíváno jak pro uschování kabin během doby, kdy je lanovka mimo provoz, tak pro odstavení části kabin v době snížené přepravní poptávky, což snižuje spotřebu energie i opotřebování celého systému. Depo může být vybaveno taktéž plošinou pro provádění údržby kabin a především jejich spínacích aparátů nebo prostorem pro mytí a čištění kabin.

3.2. Kabiny a vozy

Drážní vozidla, tedy kabiny a sedačky u visutých a vozy u pozemních lanových drah patří pochopitelně k nejviditelnějším komponentům, z čehož vyplývá i patřičný důraz na

jejich vzhled a barevný nátěr. Zatímco malé kabiny (do 17 osob) jsou vyráběny sériově a liší se tak jen vybavením, jako je například provedení a barva lavic k sezení, provedení podlahy nebo tónování skel, větší kabiny pro kyvadlové lanovky (do 200 osob) a vozy a soupravy pro pozemní lanovky (do 400 osob) jsou projektovány a vyráběny pro každou konkrétní lanovku individuálně (zákazník si tak volí například počet míst k sezení a stání, počet a uspořádání míst pro kočárky a invalidní vozíky, místa pro jízdní kola atd.). Karosérie moderních kabin a vozů jsou podobně jako letadla zhotovovány jako lehká konstrukce a díky skutečnosti, že nemusí nést žádný pohon, jsou i výrazně lehčí než konvenční dopravní prostředky MHD srovnatelné kapacity. V městské hromadné dopravě se dobře uplatní i možnost polepení kabin a vozů reklamními fóliemi.



Obr. 3 Osmimístná kabina



Obr. 4 35-místná kabina (systém 3S)

3.3. Trasa – podpěry a lano

Základním stavebním prvkem na trase visuté lanové dráhy jsou podpěry. Ty jsou tvořeny betonovou patkou umístěnou v zemi, tubusem neboli nohou, hlavou, montážní nástavbou (slouží pro usazení lana do kladkových baterií) a kladkovými bateriemi s kladkami. Nejčastěji bývají podpěry realizovány jako dvouvětvé (na jedné straně hlavy se nachází tažná větev, na druhé pak vratná), v případě potřeby, např. u jednovětvových mezistanic, lze podpěru zřídit i jako jednovětvovou (podpěra nese jen jednu větev, tažnou nebo vratnou). Tubus podpěry může být proveden jako kónický plnostěnný (průřez bývá

kruhový nebo čtyř- a vícehranný) nebo příhradový. Jako materiál je využívána ocel, pouze v minulosti se bylo možno setkat i s betonovými nebo dřevěnými podpěrami. Pro přístup na podpěru slouží žebřík se zajišťovacím zařízením umístěný na tubusu, hlava podpěry je pak vybavena montážními plošinami. Pro montáž podpěr v těžko přístupném terénu se často využívá vrtulník.

Z hlediska vedení lana lze rozlišovat kladkové baterie nosné (lano je vedeno na kladkách), tlačné (lano je vedeno pod kladkami), nosnotlačné neboli kombinované se střídavým zatížením (lano je vedeno mezi dvěma řadami kladek), případně nosné nebo tlačné s přitlačnými kladkami, přičemž každá strana hlavy podpěry může být dle situace vybavena jiným druhem kladkové baterie. Kladková baterie je zavěšena na čepu podpěry a je nastavitelná ve vertikálním směru podle měnící se zátěže tažné nebo vratné větve lanové dráhy. Samotné kladky jsou vybaveny gumovým vyložením s drážkou, u dvoulanových systémů je pak nosné lano umístěno na úložných botkách. Zalomení trasy je u odpojitelných lanovek možno řešit pomocí šikmých kladek (pouze do malých uhlů zalomení, cca 5 až 10 stupňů) nebo prostřednictvím mezistanic.

3.4. Pohon

Srdcem každé lanové dráhy je pohon. Pro maximální bezpečnost je vše zálohováno, a tak může být lanovka vybavena až třemi druhy pohonu [1]. Základem je hlavní pohon, který je tvořen jedním až čtyřmi motory a převodovkou (existují už ovšem i technologie tzv. Direct Drive, kde je převodovka vynechána). Z převodovky je točivý moment přenášen prostřednictvím hřídele na poháněcí lanáč. V případě selhání hlavního pohonu je k dispozici ještě pomocný pohon a pro situaci, kdyby došlo k výpadku elektrického proudu, pomůže ještě nouzový dieselaagregát, který zásobuje hlavní nebo pomocný pohon elektrickou energií. V tomto případě je ale provoz možný pouze sníženou rychlostí a většinou se využívá pouze k dotažení kabin/vozů do stanic, tzn. k evakuaci trasy. Některé moderní lanové dráhy jsou ovšem vybaveny dvěma plnohodnotnými hlavními pohony. Hladinu hluku ve stanici i v jejím okolí lze výrazně snížit realizováním pohonu v podzemní variantě. Neméně důležitou součástí jsou brzdy – zatímco během normálního provozu je lanová dráha brzděna motorem (který tak funguje jako generátor a umožňuje i rekuperaci elektrické energie), pro potřebu rychlého zabrzdění slouží provozní a bezpečnostní brzda působící přímo na lanáč. Vše je řízeno prostřednictvím řídicí elektroniky propojené s počítači, provoz moderních lanových drah je tak často realizován jako plně automatický.

3.5. Přední výrobci lanových drah

3.5.1. Doppelmayr/Garaventa

Mezi světově nejvýznamnější výrobce lanových technologií patří bezesporu skupina Doppelmayr/Garaventa. Původní firma Doppelmayr byla založena v roce 1892 [3,8] se sídlem ve městě Wolfurt na východě Rakouska ve spolkové zemi Vorarlberg. Do nynějších rozměrů narostla tato firma především po postupném převzetí konkurenčních výrobců Von Roll, Städeli, Girak, Garaventa, SSG, CTEC a Hölzl, čímž se zároveň zvyšoval i počet výrobních závodů. Z historických důvodů a s ohledem na tradici vystupuje tato skupina ve Švýcarsku stále pod názvem Garaventa, v ostatních státech je používána výhradně značka Doppelmayr. V současnosti vyrábí skupina Doppelmayr/Garaventa všechny druhy lanových drah, včetně specialit jako jsou systémy Funitel nebo Funifor.

3.5.2. Leitner

Mezi tradiční výrobce lanových technologií se 120-ti letou historií [4,9] patří také italský Leitner se sídlem v jihotyrolském městě Sterzing. V současnosti nabízí kromě základních technologií také dvoulanové systémy 2S a 3S a úplnou specialitou a novinkou je tzv. MiniMetro, což je oběžná odpojitelná pozemní lanová dráha. Leitner patří do stejné finanční skupiny jako Poma, každá firma si však zachovává svůj vlastní konstrukční vývoj. Pouze v Severní Americe vystupují pod společným názvem Leitner-Poma. Co do velikosti se Leitner a Poma dohromady vyrovnají skupině Doppelmayr/Garaventa.

3.5.3. Poma

Pomagalski (zkráceně Poma) z Grenoble je tradičním francouzským výrobcem, známým vynálezem stejnojmenného odpojitelného lyžařského vleku. Vzhledem k finanční příslušnosti k firmě Leitner se Poma v současnosti na evropském trhu zaměřuje výhradně na domácí Francii. Kromě základních druhů lanových drah vyrábí také systém Funitel.

3.5.4. BMF

Bartholet Maschinenbau AG (zkráceně BMF) ze švýcarského Flumsu [6,10] byl až donedávna pouze malým výrobcem, díky vývoji odpojitelné technologie se však začíná uplatňovat na evropském trhu stále více, kromě domácího Švýcarska mj. také ve Francii. Z odpojitelných systémů nabízí jak sedačkové, tak kabinové lanové dráhy.

Kromě těchto předních výrobců existuje i celá řada menších firem zabývajících se výrobou lanových drah a lyžařských vleků, ty však až na výjimky nabízejí výhradně neodpojitelné technologie, které nejsou pro využití v MHD příliš vhodné.

4. Porovnání lanových drah s konvenčními systémy MHD

4.1. Minimální rentabilní a maximální přepravní kapacita dosažitelná jednotlivými systémy MHD

Metro/příměstská železnice: 10 000 – 50 000 osob/hod [1]

Tramvaj: 2 000 – 12 000 osob/hod [1]

Lanová dráha: do 8 000 osob/hod [1]

Trolejbus/Autobus: do 3 500 osob/hod [1]

Z hlediska maximální dosažitelné přepravní kapacity lze lanové dráhy zařadit do oblasti mezi autobusy/trolejbusy a tramvaje. Zároveň ovšem lanové dráhy díky své druhové rozmanitosti dokážou efektivně pokrýt široké spektrum přepravních kapacit, takže není problém provozovat například malou pozemní lanovku (tzv. šikmý výtah) s kapacitou 50 až 100 osob/hod a na druhou stranu se lze s dvoulanovým systémem 3S dostat až na přepravní kapacitu 8000 osob/hod.

4.2. Porovnání přepravních charakteristik a investičních nákladů na projektu lanové dráhy v Mnichově

Údaje z projektu plánované dvouúsekové dvoulanové dráhy (systém 3S) v Mnichově (trasa Engelschalking – Riem – Messestadt West) s celkovou délkou 4250 m a vodorovnou trasou s nulovým převýšením, kde byla provedena analýza a porovnání jednotlivých druhů dopravních prostředků při dané přepravní kapacitě [11]:

Jízdní doba:

Metro: 6 min

S-Bahn: 10 min

Tramvaj: 16 min

Lanová dráha 3S: 10 min

Autobus: 20 min

Časový interval vozů/souprav při přepravní kapacitě 4200 osob/hod:

Metro: 10 min

S-Bahn: 10 min

Tramvaj: 4 min

Lanová dráha 3S: 0,5 min (30 s)

Autobus: 2 min

Investiční náklady:

Metro: 300 mil. eur (cca 7,5 mld. Kč)

S-Bahn: 70 mil. eur (cca 1,75 mld. Kč)

Tramvaj: 80 mil. eur (cca 2 mld. Kč)

Lanová dráha 3S: 40 mil. eur (cca 1 mld. Kč)

5. Výpočet a stanovení základních technických a provozních parametrů lanových drah

5.1. Výpočet šikmé délky trasy lanové dráhy

Šikmou délku určíme z vodorovné délky a převýšení podle Pythagorovy věty:

$$l = \sqrt{l_v^2 + p^2} \quad [\text{m}] \quad (1.)$$

l_v [m]...vodorovná délka trasy

p [m]...převýšení trasy

5.2. Výpočet průměrného sklonu trasy lanové dráhy

Průměrný sklon určíme podle následujícího vztahu:

$$s = \frac{p}{l_v} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2.)$$

l_v [m]...vodorovná délka trasy

p [m]...převýšení trasy

5.3. Výpočet časového intervalu vozů lanové dráhy na základě přepravní kapacity

Časový interval vozů lanové dráhy určíme ze vztahu [7]:

$$I = \frac{3600}{C} \cdot n \quad [\text{s}] \quad (3.)$$

C [osob/hod]...přepravní kapacita v 1 směru

n [osob]...kapacita 1 vozu

U pozemních a kyvadlových lanovek se 2 vozy/soupravami je časový interval vozů I roven polovině oběžné doby t_0 , s 1 vozem/soupravou je pak I roven přímo oběžné době t_0 .

5.4. Výpočet oběžné doby u jednotlivých druhů lanových drah

Pozemní a kyvadlové lanovky

Kromě doby jízdy na trati je nutno brát v úvahu čas pobytu vozu ve stanici (čas potřebný pro nástup a výstup cestujících a zavření/otevření dveří) a taktéž rozjezd/brzdění vozu před stanicí:

$$t_o = 2 \cdot \left(\frac{l_p}{60 \cdot v} + \frac{v}{a} + \frac{v}{b} + \frac{t_{st}}{60} \right) \text{ [min]} \quad (4.)$$

l_p [m]...šikmá délka části trasy, kde se vůz pohybuje plnou traťovou rychlostí

v [m/s]...maximální dopravní rychlost

a [m/s²]...zrychlení

b [m/s²]...brzdné zpomalení

t_{st} [s]...doba pobytu vozu ve stanici (otevření a zavření dveří, výstup a nástup cestujících, příprava na jízdu)

Neodpojitelné oběžné lanovky

Vzhledem k tomu, že dopravní lano s neodpojitelně připojenými vozy se pohybuje trvale stálou rychlostí, je oběžná doba rovna pouze dvojnásobku doby jízdy na trati:

$$t_o = 2 \cdot \frac{l}{60 \cdot v} \text{ [min]} \quad (5.)$$

l [m]...šikmá délka trasy

v [m/s]...maximální dopravní rychlost

Odpojitelné oběžné lanovky

Vzhledem k tomu, že vozy se od lana ve stanicích odpojují, je kromě doby jízdy na trati nutno brát v úvahu i dobu průjezdu stanicemi [7]:

$$t_o = 2 \cdot \left(\frac{l}{60 \cdot v} + \frac{n_z \cdot t_{st}}{60} + \frac{t_{st}}{60} \right) \text{ [min]} \quad (6.)$$

l [m]...šikmá délka trasy

v [m/s]...maximální dopravní rychlost

n_z [-]...počet mezistanic na trase lanové dráhy

t_{st} [s]...doba průjezdu stanicí

Určení doby průjezdu vozu stanicí u odpojitelné oběžné kabinové lanovky

Dle materiálů firmy Doppelmayr [3] se do doby průjezdu stanicí započítává 1,5 až 2,0 s na každou osobu, která z kabiny vystoupí, stejný čas na každou osobu, která do kabiny nastoupí a celkem 20 s (35 s v případě dvoulanového systému 3S) pro otevření a zavření dveří a pro zpomalení a zrychlení kabiny z maximální dopravní rychlosti na staniční a naopak. Tyto hodnoty platí jak pro koncové stanice, tak pro mezistanice.

$$t_{st} = 2 \cdot 1,5 \cdot n + t_z \quad [\text{s}] \quad (7.)$$

n [osob]...kapacita 1 vozu

t_z [s]...doba pro otevření a zavření dveří a pro zpomalení a zrychlení kabiny

5.5. Výpočet cestovní doby u odpojitelné oběžné kabinové lanovky

Kromě doby jízdy na trati je nutno brát v úvahu i dobu pro otevření a zavření dveří a pro zpomalení a zrychlení kabiny z maximální dopravní rychlosti na staniční a naopak (oproti oběžné době se již nezapočítává čas pro výstup a nástup cestujících, tzn. samotná doba průjezdu stanicí) a taktéž dobu průjezdu mezistanic, pokud se na trase lanové dráhy nějaká nachází:

$$t_c = \frac{l}{60 \cdot v} + \frac{n_z \cdot t_{st}}{60} + \frac{t_z}{60} \quad [\text{min}] \quad (8.)$$

l [m]...šikmá délka trasy

v [m/s]...maximální dopravní rychlost

n_z [-]...počet mezistanic na trase lanové dráhy

t_{st} [s]...doba průjezdu stanicí

t_z [s]...doba pro otevření a zavření dveří a pro zpomalení a zrychlení kabiny

5.6. Výpočet potřebného počtu vozů oběžné lanové dráhy na základě časového intervalu

Potřebný počet vozů oběžné lanové dráhy určíme ze vztahu [7]:

$$N = \frac{60 \cdot t_o}{I} \quad [\text{ks}] \quad (9.)$$

t_o [min]...oběžná doba

I [s]...časový interval vozů

6. Příklady již existujících a plánovaných systémů lanových drah v městské dopravě

6.1. Medellín, Kolumbie

Vůbec první moderní vysokokapacitní visutá městská lanová dráha byla uvedena do provozu v roce 2004 firmou Poma v kolumbijském městě Medellín, které je se svými 2 miliony obyvateli druhým největším městem v Kolumbii. Dráha s příznačným názvem MetroCable spojuje jako linka K stanici metra Avocado s čtvrtí Santo Domingo a je v provozu 19 hodin denně po celý rok. Na trase jsou umístěny mezistanice Andalucía a Popular, v nichž se trasa horizontálně lomí. Kabiny jsou vybaveny osvětlením, které čerpá energii z baterie a ze solárních panelů umístěných na střeše kabiny. Kapacita jedné kabiny činí 8 sedících nebo 10 stojících osob (lavice na sezení lze sklopit). Velký úspěch této lanové dráhy podnítl výstavbu dalších dvou linek v témže městě – nejprve v roce 2008 linky J na trase San Javier - La Aurora (s mezistanicemi Juan XXIII a Valle Juelos), kterou pak doplnila v roce 2009 linka S s trasou Santo Domingo – Arví [6,12]. Všechny tři linky medellínského MetroCable navazují prostřednictvím přestupních terminálů na síť metra a jsou realizovány jako odpojitelné oběžné kabinové jednolanové dráhy.

Technické a provozní údaje [6]:

	Linka K	Linka J	Linka S
Šikmá délka:	2061 m	2789 m	4619 m
Převýšení:	400 m	309 m	614 m
Počet mezistanic:	2	2	0
Přepravní kapacita:	2820 osob/hod	3000 osob/hod	1207 osob/hod
Počet kabin:	93	119	27
Kapacita 1 kabiny:	10 osob	10 osob	10 osob
Počet podpěr:	20	31	23
Dopravní rychlost:	5,0 m/s	5,0 m/s	5,8 m/s
Jízdní doba:	9,2 min	11,3 min	14,0 min
Výrobce:	Poma	Poma	Poma
V provozu od roku:	2004	2008	2009

6.2. Manizales, Kolumbie

Manizales s 500 tisíci obyvateli se v roce 2009 jako další město v Kolumbii rozhodlo pro výstavbu městské lanové dráhy. I zde byla vybrána technologie odpojitelné oběžné jednolanové dráhy s osmi-, resp. desetimístními kabinami, tentokrát však od firmy Leitner. Dolní stanice Los Cambulas byla umístěna na kraj města vedle nového autobusového nádraží regionální dopravy, odtud stoupá trasa lanové dráhy s názvem Cable Aéreo hustě obydlenou oblastí přes mezistanicí La Fuente až do horní stanice Los Fundadores ležící přímo v centru města [4]. Kabiny jsou kromě osvětlení vybaveny také systémem větrání a ozvučením. Lanovka je v provozu celoročně od 6:00 do 22:00 a z hlediska tarifu a dopravní sítě je plně začleněna do systému městské hromadné dopravy. Oproti ostatním druhům dopravy se na této trase podařilo snížit jízdní dobu až o polovinu a již dnes existují projekty na další 3 linky lanových drah v tomto městě.

Technické a provozní údaje [4]:

Šikmá délka:	1870 m
Převýšení:	242 m
Počet mezistanic:	1
Přepravní kapacita:	2100 osob/hod
Počet kabin:	58
Kapacita 1 kabiny:	10 osob
Počet podpěr:	13
Dopravní rychlost:	5,0 m/s
Jízdní doba:	7,2 min
Výrobce:	Leitner
V provozu od roku:	2009



Obr. 5 Cable Aéreo Manizales

6.3. Rio de Janeiro, Brazílie

V brazilském Rio de Janeiru byla v roce 2010 vybudována firmou Poma oběžná odpojitelná jednolanová dráha, která prostřednictvím dvou koncových stanic a hned čtyř mezistanic propojuje nádraží příměstské železnice Bonsucesso na jihu centra města s rozlehlou čtvrtí Complexo do Alemão. V každé z mezistanic se trasa lanové dráhy horizontálně lomí, v některých až o 80 stupňů. Stejně jako u podobných lanovek v Kolumbii jsou kabiny určeny pro 8 sedících nebo 10 stojících osob a vybaveny nově vyvinutým systémem větrání Air-Condition. Dříve byla čtvrť Complexo do Alemão obsluhována pouze malými autobusy a individuální dopravou, což způsobovalo dlouhé kolony a dopravní komplikace. Díky lanové dráze se zkrátil čas přepravy z této čtvrti k nádraží Bonsucesso z 1 až 2 hodin na pouhých 17 minut. Stanice jsou koncipovány jako větší komplexy obsahující i obchody, banky nebo knihovny. Díky velkému úspěchu objednalo Rio de Janeiro u firmy Poma druhou lanovou dráhu, která bude pod názvem Morro da Providencia obsluhovat čtvrť Cidade do Samba [6]. Otevření je plánováno na konec roku 2012.

Technické a provozní údaje [6]:

Šikmá délka:	3456 m
Převýšení:	121 m
Počet mezistanic:	4
Přepravní kapacita:	2800 osob/hod
Počet kabin:	152
Kapacita 1 kabiny:	10 osob
Dopravní rychlost:	5,0 m/s
Jízdní doba:	17,0 min
Výrobce:	Poma
V provozu od roku:	2010



Obr. 6 Bonsucesso-Complexo do Alemão (Rio de Janeiro)

6.4. Caracas, Venezuela

San Agustín se 40 tisíci obyvateli je typická jihoamerická čtvrť venezuelského hlavního města Caracas. Je umístěna ve strmém svahu a postupný růst bez promyšleného plánování výstavby způsobil, že infrastruktura této čtvrti již přestávala stačit dnešním nárokům. Jako řešení se ukázalo vybudování dvou kabinových lanovek, každé z jedné strany, jejichž dolní stanice jsou umístěny v dopravních uzlech a umožňují tak propojení s ostatními systémy zdejší městské hromadné dopravy, především metra. Horní stanice obou lanových drah jsou pak umístěny vedle sebe. Každá z obou sekcí je navíc vybavena mezistanicí, v nichž dochází k horizontálnímu zalomení o 70, resp. 75 stupňů [3]. I zde jsou stanice realizovány jako multifunkční celky zahrnující mj. vzdělávací centra, knihovnu s internetovým přístupem, obchody, restaurace nebo sportovní halu. Pro zásobování energií se částečně používají solární panely. Technologii těchto odpojitelných oběžných kabinových jednolanových drah dodala firma Doppelmayr, prosklené kabiny nabízejí 8 míst k sezení.

Technické a provozní údaje [3]:

	San Agustín 1	San Agustín 2
Šikmá délka:	1601 m	686 m
Převýšení:	109 m	106 m
Počet mezistanic:	1	1
Přepravní kapacita:	1200 osob/hod	1200 osob/hod
Počet kabin:	28	22
Kapacita 1 kabiny:	8 osob	8 osob
Počet podpěr:	6	6
Dopravní rychlost:	5,0 m/s	5,0 m/s
Jízdní doba:	5,6 min	4,3 min
Výrobce:	Doppelmayr	Doppelmayr
V provozu od roku:	2008	2009



Obr. 7 San Agustín 1 (Caracas)



Obr. 8 San Agustín 2 (Caracas)

6.5. Constantine, Skikda a Tlemcen, Alžírsko

Velmi významně se městské lanové dráhy prosadily také v Alžírsku, kde byly v letech 2007 až 2009 firmou Doppelmayr vybudovány hned ve třech městech Constantine, Skikda a Tlemcen ležících na východě země typově shodné odpojitelné oběžné jednolanové dráhy s patnáctimístnými kabinami kruhového půdorysu pro 9 sedících a 6 stojících cestujících, které díky vyšší hmotnosti a aerodynamickému provedení zajišťují lepší větruvzdornost a tedy i spolehlivost provozu. Ve všech případech bylo nutné řešit problematickou dopravu v historických městech s úzkými klikatými uličkami, kde současný rozsah autobusové dopravy již nepostačoval stále vzrůstajícím nárokům na přepravu a rozšiřování cest nebo vybudování tramvajové trati nebylo z prostorových důvodů možné. Každá z lanových drah je vybavena jednou mezistanicí ležící v centru města a koncové stanice pak obsluhují sídliště a přilehlé rekreační oblasti. Díky použití větších a tedy i těžších kabin byla dosažena větší stabilita při silném větru, což zaručuje vysokou spolehlivost provozu. V současnosti se dokončuje čtvrtá, typově shodná lanovka přímo v hlavním městě Alžíru.

Technické a provozní údaje [3]:

	Constantine	Skikda	Tlemcen
Šikmá délka:	1555 m	1985 m	1689 m
Převýšení:	147 m	28 m	230 m
Počet mezistanic:	1	1	1
Přepravní kapacita:	2400 osob/hod	2000 osob/hod	1000 osob/hod
Počet kabin:	40	37	17
Kapacita 1 kabiny:	15 osob	15 osob	15 osob
Počet podpěr:	10	10	12
Dopravní rychlost:	6,0 m/s	6,0 m/s	6,0 m/s
Jízdní doba:	7,6 min	8,3 min	7,4 min
Výrobce:	Doppelmayr	Doppelmayr	Doppelmayr
V provozu od roku:	2008	2009	2009



Obr. 9 Constantine



Obr. 10 Tlemcen

6.6. Londýn, Velká Británie

Trend výstavby moderních městských lanovek již dorazil i do Evropy a jednu z prvních takovýchto lanových drah právě staví firma Doppelmayr v Londýně. Odpojitelná oběžná jednolanová dráha s kabinami pro 10 sedících cestujících zde bude spojoval lokality Greenwich Peninsula a Royal Victoria Park, trasa je vedena na 7 podpěrách s velmi netypickým designem až 87 metrů nad řekou Temží [3]. Provozovatelem dráhy bude městská společnost Transport for London, částečným sponzorem pak aerolinie Emirates, z čehož plyne i název lanovky Emirates Air Line. Výstavba byla zahájena v červenci 2011, otevření je naplánováno na léto 2012. Samozřejmě bude plná integrace do stávajícího systému městské hromadné dopravy, mj. do systému lehké rychlodrážní železnice DLR (Docklands Light Railway). Stanice budou mít bezbariérový přístup.

Technické a provozní údaje [3]:

Šikmá délka:	1103 m
Převýšení:	1,5 m
Počet mezistanic:	0
Přepravní kapacita:	2500 osob/hod
Počet kabin:	34
Kapacita 1 kabiny:	10 osob
Počet podpěr:	7
Dopravní rychlost:	6 m/s
Jízdní doba:	4 min
Výrobce:	Doppelmayr
V provozu od roku:	2012



Obr. 11 Emirates Air Line (Londýn)

6.7. Barcelona, Španělsko

Hned několik různých lanových drah zapojených do systému městské hromadné dopravy existuje ve španělské Barceloně. Nejprve zde byla v roce 1992 rakouskou firmou Waagner Biró (dnes součást firmy Leitner) vybudována pozemní lanová dráha Montjuïc 1 s trasou vedenou částečně v tunelech a se soupravami pro 400 osob. Díky relativně krátké přepravní vzdálenosti, vysokokapacitním soupravám a vysoké dopravní rychlosti dosahuje rekordní přepravní kapacity 8000 osob za hodinu v jednom směru, což z ní činí nejkapacitnější lanovou dráhu na světě. V roce 2005 následovala další lanová dráha, která spojuje barcelonskou předměstskou čtvrť Esparreguera s železničním nádražím. V tomto případě jde o jednolanovou dráhu kyvadlového systému firmy Poma s kabinami pro 16 osob. O dva roky později navázal na pozemní lanovku Montjuïc 1 druhý úsek, tentokrát však provedený jako visutá odpojitelná oběžná jednolanová dráha s osmimístnými kabinami od firmy Leitner. Ten disponuje úhlovou mezistanicí, nahradil již zastaralou čtyřmístnou kabinkovou lanovku z roku 1969 a má spíše vyhlídkový charakter.

Technické a provozní údaje [4,6]:

	Montjuïc 1	Montjuïc 2	Esparreguera
Šikmá délka:	758 m	748 m	1019 m
Převýšení:	76 m	85 m	92 m
Počet mezistanic:	0	1	0
Přepravní kapacita:	8000 osob/hod	2990 osob/hod	380 osob/hod
Počet vozů/souprav:	2	54	2
Kapacita 1 vozu:	400 osob	8 osob	16 osob
Počet podpěr:	-	12	10
Dopravní rychlost:	10,0 m/s	5,0 m/s	5,0 m/s
Jízdní doba:	2,0 min	2,5 min	3,5 min
Výrobce:	Waagner Biró	Leitner	Poma
V provozu od roku:	1992	2007	2005



Obr. 12 Montjuïc 1 (Barcelona)



Obr. 13 Montjuïc 2 (Barcelona)

6.8. Nizhny Novgorod, Rusko

V roce 2011 byla firmou Poma postavena a uvedena první moderní městská lanová dráha také v Rusku, ve městě Nizhny Novgorod. Jde o odpojitelnou oběžnou jednolanovou dráhu s kabinami pro 8 sedících cestujících, která spojuje dva břehy řeky Volha. Ta je v daném místě široká 1800 metrů a vzhledem k absenci jakéhokoliv mostu byla dříve nutná zajižďka 24 km, což vzhledem ke stále se zhoršujícímu provozu představovalo mnohdy až 2 hodiny jízdy. Nyní se díky lanovce zkrátila potřebná doba na pouhých 12 minut. Obě stanice jsou napojeny na síť městské hromadné dopravy, kromě toho jsou u nich vybudována rozsáhlá záchytná parkoviště. Dominantou lanové dráhy jsou především dvě 82 metrů vysoké podpěry, díky nimž je možno překonat řeku Volha 900 m dlouhým volným rozpětím lana a pro proplouvání lodí pod lanovkou zbývá stále dostatečná výška 19 m. Celá stavba je navržena tak, aby bylo možno zachovat provoz i při zvýšení hladiny vody v řece Volha až o 11 metrů oproti normálnímu stavu. Bezpečnost je zajištěna také redundantním provedením hlavního pohonu a dalších klíčových prvků lanové dráhy.

Technické a provozní údaje [6]:

Šikmá délka:	3660 m
Počet mezistanic:	0
Přepravní kapacita:	1200 osob/hod
Kapacita 1 kabiny:	8 osob
Dopravní rychlost:	5,0 m/s
Jízdní doba:	12,0 min
Výrobce:	Poma
V provozu od roku:	2011



Obr. 14 Nizhny Novgorod

6.9. Hong Kong

V srpnu 2006 byla také v Hong Kongu uvedena do provozu městská lanová dráha, která se vyznačuje úctyhodnou délkou 5828 metrů a také největším volným rozpětím lana 1484 metrů. Jde o dvoulanový oběžný odpojitelný systém s kabinami s kapacitou 17 osob (z toho je 10 míst k sezení) firmy Leitner. Lanová dráha má celkem čtyři stanice – dva koncové terminály Tung Chung a Ngong Ping a dvě úhlové mezistanice. Jedna z nich obsluhuje místní letiště (tento první úsek tak zajišťuje i dopravní spojení města s letištěm), druhá je pak umístěna na nejvyšším bodu dráhy (jde o oblíbené vyhlídkové místo), ze kterého trasa lanovky na obě strany klesá. Dá se tedy říci, že lanová dráha v Hong Kongu má jak městský, tak turistický charakter. Pro snížení prvotních investičních nákladů byla počáteční kapacita lanovky zvolena na 1500 osob/hod při 50 kabinách, po přidání dalších 62 kabin se zvýšila na 3500 osob/hod. Zajímavostí je několik kabin vybavených prosklenou podlahou. Celková hodnota investice dosáhla 75 milionů eur, z toho více než 29 milionů tvořila samotná technologie lanové dráhy.

Technické a provozní údaje [4]:

Šikmá délka:	5785 m
Převýšení:	539 m
Počet mezistanic:	2
Přepravní kapacita:	3500 osob/hod
Počet kabin:	112
Kapacita 1 kabiny:	17 osob
Počet podpěr:	8
Dopravní rychlost:	7,5 m/s
Jízdní doba:	15,0 min
Výrobce:	Leitner
V provozu od roku:	2006



Obr. 15 Tung Chung-Ngong Ping (Hong Kong)

6.10. Ústí nad Labem, Česká republika

V Ústí nad Labem se během léta a podzimu 2010 podařilo zrealizovat na české poměry velmi neobvyklý a jedinečný projekt - pro spojení centra města a vyhlídky Větruše zde byla totiž postavena kyvadlová lanová dráha s futuristickými kabinami pro 15 osob. Zhotovitelem stavby se na základě výběrového řízení stala firma Viamont DSP, kompletní technologie lanové dráhy pak byla vyrobena ve spolupráci firem BMF a Michálek Chrudim. Bohatě prosklené kabiny pro 10 sedících a 5 stojících cestujících mají velmi netradiční design připomínající krystal. Evakuace cestujících je řešena prostřednictvím záchranné plošiny s kapacitou 9 osob, která je deponována v horní stanici. Lanová dráha Větruše je teprve třetí kyvadlovou lanovkou území České republiky a obě její 15-místné kabiny vyváží návštěvníky z obchodního centra Forum ležícího nedaleko centra města k záměčku s rozhlednou na Větruši. Převýšení dráhy činí sice pouhých 50 m na 330 metrech délky, trasa lanovky však nadjíždí frekventovanou silnici, železniční trať s několika kolejemi a řeku Bílinu a výrazně tak usnadnila návštěvníkům přístup na Větruši.

Technické a provozní údaje [5]:

Šikmá délka:	330 m
Převýšení:	50 m
Počet mezistanic:	0
Přepravní kapacita:	390 osob/hod
Počet kabin:	2
Kapacita 1 kabiny:	15 osob
Počet podpěr:	0
Dopravní rychlost:	6,0 m/s
Jízdní doba:	1,8 min
Výrobce:	BMF
V provozu od roku:	2010



Obr. 16 Větruše (Ústí nad Labem)

6.11. Koblenz, Německo

Pro propojení obou areálů spolkové zahrádkářské výstavy BUGA 2011 v Koblenzu byla firmou Doppelmayr v letech 2009 a 2010 vybudována (a nyní je touto firmou i provozována) dráha systému 3S (tedy odpojitelná dvoulanová oběžná dráha) s osmnácti kabinami pro 35 osob. Ta na své necelý kilometr dlouhé trase se dvěma podpěrami křížuje mohutnou řeku Rýn, železniční trať a silniční komunikaci. Lanová dráha se setkala s obrovským zájmem návštěvníků, již po prvních osmi týdnech od otevření výstavy přepravila neuvěřitelný milion cestujících. Jízdné bylo zahrnuto v ceně vstupenky do výstavního areálu. Díky nově vyvinutému pohonu a uložení lanáčů založeném na redundantním principu odpadla nutnost instalace separátní záchranné lanovky, kabiny s cestujícími je vždy možno dotáhnout do stanic. Původně byla lanová dráha plánována pouze jako dočasná s předpokládanou demontáží v roce 2013, vzhledem k obrovskému úspěchu se nyní uvažuje o zachování lanovky a integrování do systému městské hromadné dopravy v Koblenzu.

Technické a provozní údaje [3]:

Šikmá délka:	949 m
Převýšení:	112 m
Počet mezistanic:	0
Přepravní kapacita:	3800 osob/hod
Počet kabin:	18
Kapacita 1 kabiny:	35 osob
Počet podpěr:	2
Dopravní rychlost:	4,5 m/s
Jízdní doba:	3,3 min
Výrobce:	Doppelmayr
V provozu od roku:	2010



Obr. 17 Koblenz

6.12. Hamburg, Německo

Po Koblenzu je dalším německým městem, které se rozhodlo pro výstavbu městské visuté lanové dráhy, Hamburg. Plánovány jsou dva na sebe navazující úseky, přičemž pro každý byl zvolen jiný systém. Zatímco pro kratší severní úsek spojující Helgoländer Allee a St. Pauli, který bude pomoci dvou 91 metrů vysokých podpěr překonávat mohutný tok řeky Labe, bude využit odpojitelný dvoulanový oběžný systém 3S s třicetimístnými kabinami, pro jižní úsek mezi Helgoländer Allee a Wilhelmsburgem bude stačit klasický jednolanový systém s kabinami pro 10 osob [13]. Cestovní doba na obou úsecích dohromady by měla činit 20 minut. Celkové investiční náklady jsou odhadovány na 50 milionů eur a měly by být pokryty ze soukromých zdrojů, mj. i dodavatelem obou lanových drah, firmou Doppelmayr. Finanční návratnost je u náročnějšího severního úseku předpokládána na 10 let a u jižního na 5 let. Doba výstavby obou úseků je odhadována na 12 měsíců, její termín zatím nebyl stanoven.

Technické a provozní údaje [13]:

	Severní úsek	Jižní úsek
Šikmá délka:	1500 m	4000 m
Převýšení:	0 m	0 m
Počet mezistanic:	0	0
Přepravní kapacita:	3000 osob/hod	3000 osob/hod
Počet kabin:	24	84
Kapacita 1 kabiny:	30 osob	10 osob
Počet podpěr:	2	20
Dopravní rychlost:	7,5 m/s	6,0 m/s
Jízdní doba:	4,0 min	12,0 min
Výrobce:	Doppelmayr	Doppelmayr



Obr. 18 Helgoländer Allee-St. Pauli (Hamburg)

6.13. Mnichov, Německo

Projekt typické městské lanové dráhy existuje také v Mnichově. Pro spojení městské části a přestupního terminálu Engelschalking s výstavištěm Messestadt West zde byla jako nejvýhodnější varianta druhu dopravy [11] (viz kapitola 4.2) vybrána visutá lanová dráha systému 3S s mezistanicí Riems a s celkovou délkou 4250 m. Trasa lanové dráhy se podobně jako v Hamburgu vyznačuje nulovým převýšením, díky použití systému 3S stačí na celou trasu umístit pouhých 5 podpěr, takže ovlivnění zdejší oblasti záběrem pozemků bude zcela minimální. Systém bude tvořen dvěma na sobě nezávislými poháněcími úseky o délkách 2900 a 1350 metrů s průběžným provozem 35-místných kabin. Největší volné rozpětí lana bude činit přibližně 1300 metrů mezi podpěrami č. 2 a 3, výška podpěr dosáhne 70 až 100 metrů. Celkové investiční náklady jsou odhadovány na 40 milionů eur a doba výstavby na 18 měsíců. Lanová dráha bude zapojena do systému rychlé příměstské železnice.

Technické a provozní údaje [11]:

Šikmá délka:	4250 m
Převýšení:	0 m
Počet mezistanic:	1
Přepravní kapacita:	4200 osob/hod
Počet kabin:	56
Kapacita 1 kabiny:	35 osob
Počet podpěr:	5
Dopravní rychlost:	8,0 m/s
Jízdní doba:	10,0 min

7. Návrh městských lanových drah v konkrétních lokalitách měst ČR

7.1. Ústí nad Labem

7.1.1. Navrhovaná trasa a účel lanové dráhy

Trasa lanové dráhy: hlavní nádraží – Severní terasa

Cílem výstavby této městské lanové dráhy je přímé dopravní propojení oblasti centra města a hlavního nádraží se sídlištěm Severní terasa (přibližně 22 000 obyvatel [16]) a v případě výstavby mezistanice přibližně v polovině trasy taktéž se sídlištěm Skřivánek. Pro umístění dolní stanice se nabízí využití volného pozemku o rozměrech přibližně 25 x 50 m (v současnosti slouží jako malý park), který leží pouhých 100 metrů od odbavovací budovy hlavního nádraží Ústí nad Labem. S touto budovou by bylo možno dolní stanici lanové dráhy propojit mimoúrovňově lávkou pro pěší. Bezprostředně u dolní stanice bude umístěna tlačná podpěra č. 1 (eventuelně v případě nutnosti skupina dvou tlačných podpěr), na které bude začínat strmé stoupání lana na vysokou podpěru č. 2, aby bylo možno volným rozpětím lana s bezpečným výškovým odstupem překonat obytné budovy v ulicích Spojovací a Velká hradební. Horní stanice bude umístěna na travnaté ploše přímo uprostřed sídliště Severní terasa, čímž bude zajištěno optimální obslužení celého sídliště – ani z nejvzdálenějších konců sídliště nepřesáhne docházková vzdálenost k horní stanici 400 až 500 metrů. Alternativně je možno přibližně v polovině trasy lanové dráhy v ulici Malátova zřídit mezistanici pro obsluhu sídliště Skřivánek. Tím by došlo zároveň k mírné úpravě trasy, která by se v této mezistanici horizontálně lomila přibližně o 5°.

Topografické údaje:

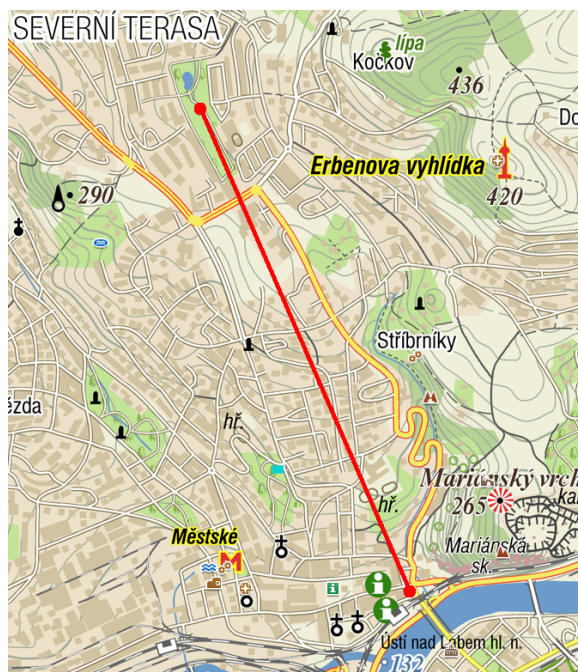
Vodorovná délka: 2450 m

Převýšení: 160 m

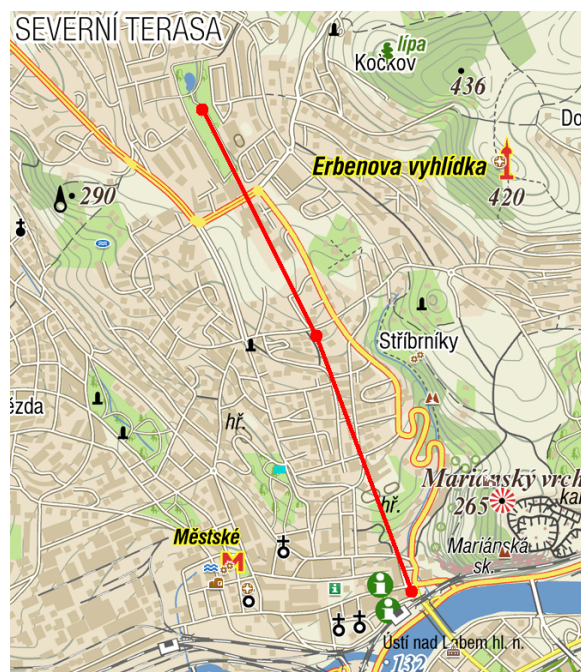
Nadmořská výška dolní stanice: 140 m n. m

Nadmořská výška mezistanice: 260 m n. m

Nadmořská výška horní stanice: 300 m n. m



Obr. 19 Trasa LD (var. bez mezistanice)



Obr. 20 Trasa LD (var. s mezistanicí)



Obr. 21 Umístění dolní stanice



Obr. 22 Umístění mezistanice



Obr. 23 Umístění horní stanice

7.1.2. Návrh druhu lanové dráhy a přepravní kapacity

S ohledem na nepřiliš náročný terén přichází v úvahu nejrozšířenější druh městských lanových drah, a to osobní visutá jednolanová dráha oběžného systému s odpojitelným uchycením osmimístných kabin. Alternativně by bylo možno využít desetimístné kabiny (všechna místa jsou k sezení). Standardní maximální provozní rychlost tohoto druhu lanových drah činí 6 m/s, což odpovídá 21,6 km/h. Navrhovaná přepravní kapacita činí 2000 osob/hod, zařízení lze technicky koncipovat tak, aby ji bylo v budoucnu v případě potřeby bez problémů možno zvýšit přidáním kabin. Celkový odhadovaný počet podpěr lanové dráhy činí 12 až 14, v případě výstavby mezistanice se zvýší o další dvě.

7.1.3. Analýza současné dopravní situace

Lanová dráha by byla alternativou k autobusové a trolejbusové dopravě, kde v současnosti neexistuje spojení těchto lokalit přímou linkou. Je nutné využít buď autobusovou linku č. 13 a na zastávce Krajský soud přestoupit na trolejbusovou linku č. 60 (celková cestovní doba činí v tomto případě 25 min [15]), nebo jet ze zastávky Hlavní nádraží ČD autobusovou linkou č. 27, na zastávce Krajský soud přestoupit na autobusovou linku č. 13 a na zastávce Mírové náměstí pak na trolejbusovou linku č. 51 (celková cestovní doba činí v tomto případě 23 min [15]). Navíc s ohledem na strmé stoupání ulic Důlce, Hoření a Bělehradská zde nemohou autobusy a trolejbusy dosáhnout příliš velké cestovní rychlosti, k dalším výrazným dopravním komplikacím pak dochází při zhoršených klimatických podmínkách, především v zimě. Naopak jednolanová visutá dráha dokáže cestující přepravovat konstantní dopravní rychlostí 21,6 km/h bez ohledu na stoupání trasy a klimatické podmínky (s výjimkou extrémně silného větru, o kterém je ovšem v těchto městských podmínkách zbytečné uvažovat). Lanová dráha by umožnila zkrácení cestovní doby až o 18 min.

7.1.4. Výpočet základních technických a provozních parametrů lanové dráhy

Výpočet šikmé délky trasy:

$$l = \sqrt{l_v^2 + p^2} = \sqrt{2450^2 + 160^2} = 2455m$$

Výpočet průměrného sklonu trasy:

$$s = \frac{p}{l_v} \cdot 100 = \frac{160}{2450} \cdot 100 = 6,53\%$$

Výpočet časového intervalu vozů:

V případě použití osmimístných kabin:

$$I = \frac{3600}{2000} \cdot 8 = 14,4s$$

V případě použití desetimístných kabin:

$$I = \frac{3600}{2000} \cdot 10 = 18,0s$$

Určení doby průjezdu vozu stanicí:

$$t_z = 20 s$$

V případě použití osmimístných kabin:

$$t_{st} = 2 \cdot 1,5 \cdot n + t_z = 2 \cdot 1,5 \cdot 8 + 20 = 44s$$

V případě použití desetimístných kabin:

$$t_{st} = 2 \cdot 1,5 \cdot n + t_z = 2 \cdot 1,5 \cdot 10 + 20 = 50s$$

Výpočet oběžné doby:

V případě varianty bez mezistanice a použití osmimístných kabin:

$$t_o = 2 \cdot \left(\frac{l}{60 \cdot v} + \frac{t_{st}}{60} \right) = 2 \cdot \left(\frac{2455}{60 \cdot 6} + \frac{44}{60} \right) = 15,11 \text{ min}$$

V případě varianty bez mezistanice a použití desetimístných kabin:

$$t_o = 2 \cdot \left(\frac{l}{60 \cdot v} + \frac{t_{st}}{60} \right) = 2 \cdot \left(\frac{2455}{60 \cdot 6} + \frac{50}{60} \right) = 15,31 \text{ min}$$

V případě varianty s mezistanicí a použití osmimístných kabin:

$$t_o = 2 \cdot \left(\frac{l}{60 \cdot v} + \frac{n_z \cdot t_{st}}{60} + \frac{t_{st}}{60} \right) = 2 \cdot \left(\frac{2455}{60 \cdot 6} + \frac{1 \cdot 44}{60} + \frac{44}{60} \right) = 16,57 \text{ min}$$

V případě varianty s mezistanicí a použití desetimístných kabin:

$$t_o = 2 \cdot \left(\frac{l}{60 \cdot v} + \frac{n_z \cdot t_{st}}{60} + \frac{t_{st}}{60} \right) = 2 \cdot \left(\frac{2455}{60 \cdot 6} + \frac{1 \cdot 50}{60} + \frac{50}{60} \right) = 16,97 \text{ min}$$

Výpočet cestovní doby:

V případě varianty bez mezistanice:

$$t_c = \frac{l}{60 \cdot v} + \frac{t_z}{60} = \frac{2455}{60 \cdot 6} + \frac{20}{60} = 7,15 \text{ min}$$

V případě varianty s mezistanicí a použití osmimístných kabin:

$$t_c = \frac{l}{60 \cdot v} + \frac{n_z \cdot t_{st}}{60} + \frac{t_z}{60} = \frac{2455}{60 \cdot 6} + \frac{1 \cdot 44}{60} + \frac{20}{60} = 7,87 \text{ min}$$

V případě varianty s mezistanicí a použití desetimístných kabin:

$$t_c = \frac{l}{60 \cdot v} + \frac{n_z \cdot t_{st}}{60} + \frac{t_z}{60} = \frac{2455}{60 \cdot 6} + \frac{1 \cdot 50}{60} + \frac{20}{60} = 7,99 \text{ min}$$

Výpočet potřebného počtu kabin:

V případě varianty bez mezistanice a použití osmimístných kabin:

$$N = \frac{60 \cdot t_o}{I} = \frac{60 \cdot 15,11}{14,4} = 63$$

V případě varianty bez mezistanice a použití desetimístných kabin:

$$N = \frac{60 \cdot t_o}{I} = \frac{60 \cdot 15,31}{18,0} = 51$$

V případě varianty s mezistanicí a použití osmimístných kabin:

$$N = \frac{60 \cdot t_o}{I} = \frac{60 \cdot 16,57}{14,4} = 69$$

V případě varianty s mezistanicí a použití desetimístných kabin:

$$N = \frac{60 \cdot t_o}{I} = \frac{60 \cdot 16,97}{18,0} = 57$$

7.2. Praha (Barrandov – Nové Butovice)

7.2.1. Navrhovaná trasa a účel lanové dráhy

Trasa lanové dráhy: Barrandov – Nové Butovice

Cílem výstavby této městské lanové dráhy je přímé dopravní propojení sídliště Barrandov (městská část Praha 5, přibližně 20 000 obyvatel [16]) se sídlištěm Nové Butovice (městská část Praha 13). Dolní stanice lanové dráhy bude umístěna v bezprostřední blízkosti tramvajové smyčky Sídliště Barrandov (konečná linek č. 12, 14 a 20), horní stanice se pak bude nacházet na kraji sídliště Nové Butovice přímo u stanice metra trasy B (Černý Most – Zličín). Zároveň zde má zastávku několik autobusových linek a přibližně 300 m od stanice lanové dráhy se nachází velké obchodní centrum Galerie Butovice. V Barrandově by zase lanová dráha zpřístupnila obyvatelům Nových Butovic a okolí mj. i místní aquapark. V obou lokalitách stanic lanové dráhy se nachází rozsáhlé nevyužité plochy, takže s umístěním stanic by neměl být problém. Trasa lanové dráhy bude překonávat špatně přístupné Prokopské údolí, které je nyní nutné značně objíždět a vytvoří tak nové přímé dopravní spojení s podstatně kratší cestovní dobou. Autem nyní trvá jízda z Barrandova do Nových Butovic 15 minut, městskou hromadnou dopravou pak ještě o 10 minut více. Samozřejmostí bude tarifní zapojení lanové dráhy do systému Pražské integrované dopravy. Kromě primárního systému MHD by lanová dráha částečně plnila také sekundární funkci turistické dopravy – její kabiny by poskytovaly cestujícím krásný výhled do Prokopského a Dalejského údolí. Dá se taktéž předpokládat, že by lanovou dráhu s oblibou využívali cyklisté, kteří zde mají rozsáhlý systém značených cykloturistických tras.

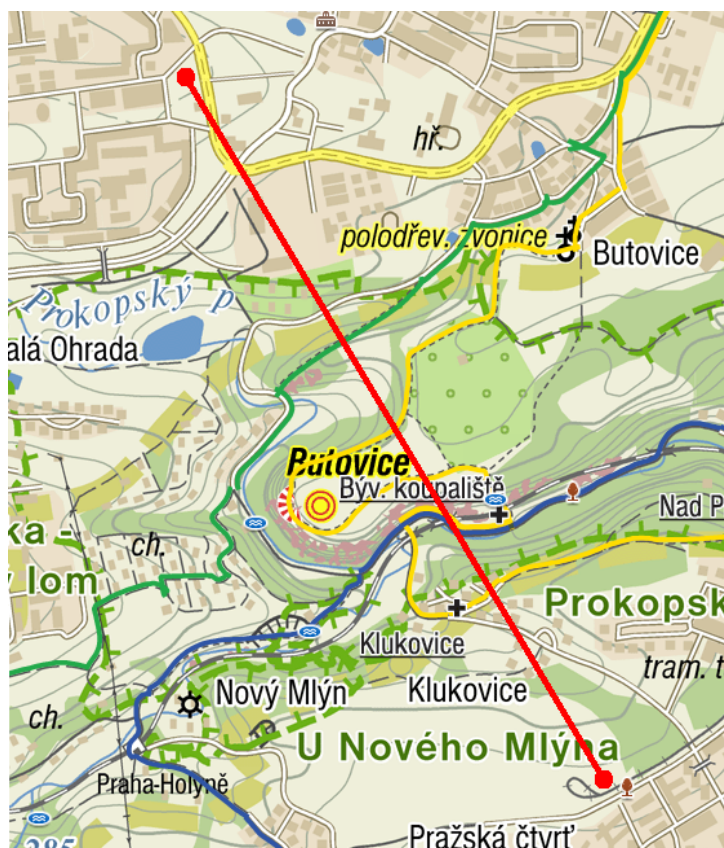
Topografické údaje:

Vodorovná délka: 2520 m

Převýšení: 30 m

Nadmořská výška dolní stanice: 310 m n. m

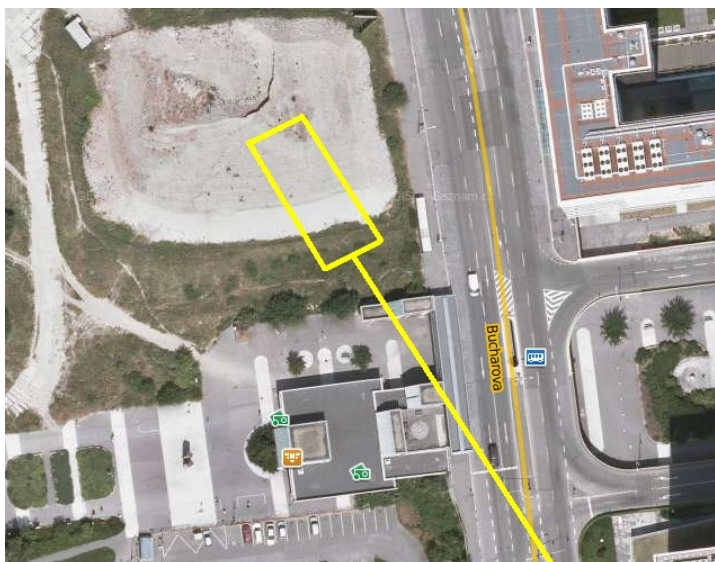
Nadmořská výška horní stanice: 340 m n. m



Obr. 24 Trasa LD



Obr. 25 Umístění dolní stanice



Obr. 26 Umístění horní stanice

7.2.2. Návrh druhu lanové dráhy a přepravní kapacity

Vzhledem k charakteru terénu se zde nabízí posouzení dvou druhů lanových drah. Investičně levnější varianta by představovala vybudování visuté oběžné jednolanové dráhy s odpojitelným uchycením osmimístných (případně desetimístných) kabin. Vzhledem k nutnosti překonat hluboké údolí by se trasa lanové dráhy vyznačovala pro jednolanový systém ne zcela typickými vysokými podpěrami a velkými volnými rozpětími mezi nimi. Celkový odhadovaný počet podpěr lanové dráhy činí 10 až 12.

S ohledem na poněkud náročnější terén zde však přichází v úvahu i varianta visuté oběžné dvoulanové dráhy (systém 3S) s odpojitelným uchycením třicetimístných kabin. Ta by sice znamenala výrazně vyšší investiční náklady, díky použití systému 3S (kdy je kabina nesena dvěma nehybnými nosnými lany a tažena jedním tažným lanem) by však s ohledem na nižší energetickou náročnost tohoto systému umožnila výrazné snížení provozních nákladů. Zároveň by větší kabiny umožňovaly snadnější přepravu kočárků nebo jízdních kol a taktéž by bylo možno počet podpěr (které by byly vyšší a mohutnější) snížit na pouhé 3, což by představovalo mírnější zásah do zdejší přírody. Díky vyšší maximální dopravní rychlosti - 7,5 m/s (27 km/h) v porovnání s 6 m/s u jednolanového systému by došlo i k mírnému zkrácení cestovní doby.

Navrhovaná přepravní kapacita činí v obou variantách 1500 osob/hod, v obou případech lze zařízení technicky koncipovat tak, aby ji bylo v budoucnu v případě potřeby bez problémů možno zvýšit přidáním kabin.

7.2.3. Analýza současné dopravní situace

Lanová dráha by vytvořila zcela nové a rychlé spojení sídlišť Barrandov a Nové Butovice. V současnosti je spojení MHD zajištěno pouze objížděnou přes Smíchov, kdy je nutné jet ze Sídliště Barrandov tramvajovými linkami č. 12, 14 nebo 20 do zastávky Smíchovské nádraží a zde přestoupit na metro trasy B. Celková cestovní doba činí 24 až 25 minut [17]. V případě individuální automobilové dopravy (IAD) je možno využít ještě objížděnou po rychlostních komunikacích R1 a R5 přes Jinočany a Stodůlky, ani zde však doba jízdy neklesne pod 15 minut. Po výstavbě lanové dráhy by tak došlo ke zkrácení cestovní doby až o 9 minut v porovnání s IAD a až o 19 minut v porovnání se stávajícím systémem MHD.

7.2.4. Výpočet základních technických a provozních parametrů lanové dráhy

Výpočet šikmé délky trasy lanové dráhy:

$$l = \sqrt{l_v^2 + p^2} = \sqrt{2520^2 + 30^2} = 2520m$$

Výpočet průměrného sklonu trasy:

$$s = \frac{p}{l_v} \cdot 100 = \frac{30}{2520} \cdot 100 = 1,19\%$$

Výpočet časového intervalu vozů lanové dráhy:

Varianta oběžné jednolanové osmimístné kabinové dráhy:

$$I = \frac{3600}{1500} \cdot 8 = 19,2s$$

Varianta oběžné dvoulanové třicetimístné kabinové dráhy:

$$I = \frac{3600}{1500} \cdot 30 = 72,0s$$

Určení doby průjezdu vozu stanicí:

Varianta oběžné jednolanové osmimístné kabinové dráhy:

$$t_z = 20s$$

$$t_{st} = 2 \cdot 1,5 \cdot n + t_z = 2 \cdot 1,5 \cdot 8 + 20 = 44s$$

Varianta oběžné dvoulanové třicetimístné kabinové dráhy:

$$t_z = 35s$$

$$t_{st} = 2 \cdot 1,5 \cdot n + t_z = 2 \cdot 1,5 \cdot 30 + 35 = 125s$$

Výpočet oběžné doby:

Varianta oběžné jednolanové osmimístné kabinové dráhy:

$$t_o = 2 \cdot \left(\frac{l}{60 \cdot v} + \frac{t_{st}}{60} \right) = 2 \cdot \left(\frac{2520}{60 \cdot 6} + \frac{44}{60} \right) = 15,47 \text{ min}$$

Varianta oběžné dvoulanové třicetimístné kabinové dráhy:

$$t_o = 2 \cdot \left(\frac{l}{60 \cdot v} + \frac{t_{st}}{60} \right) = 2 \cdot \left(\frac{2520}{60 \cdot 7,5} + \frac{125}{60} \right) = 15,37 \text{ min}$$

Výpočet cestovní doby:

Varianta oběžné jednolanové osmimístné kabinové dráhy:

$$t_c = \frac{l}{60 \cdot v} + \frac{t_z}{60} = \frac{2520}{60 \cdot 6} + \frac{20}{60} = 7,33 \text{ min}$$

Varianta oběžné dvoulanové třicetimístné kabinové dráhy:

$$t_c = \frac{l}{60 \cdot v} + \frac{t_z}{60} = \frac{2520}{60 \cdot 7,5} + \frac{35}{60} = 6,18 \text{ min}$$

Výpočet potřebného počtu kabin:

Varianta oběžné jednolanové osmimístné kabinové dráhy:

$$N = \frac{60 \cdot t_o}{I} = \frac{60 \cdot 15,47}{19,2} = 49$$

Varianta oběžné dvoulanové třicetimístné kabinové dráhy:

$$N = \frac{60 \cdot t_o}{I} = \frac{60 \cdot 15,37}{72,0} = 13$$

7.3. Praha (Holešovice – Velká Skála)

7.3.1. Navrhovaná trasa a účel lanové dráhy

Trasa lanové dráhy: Holešovice – Velká Skála

Lanová dráha by propojila městskou část Holešovice (přibližně 35 000 obyvatel [16]), kde je umístěno zároveň významné železniční nádraží, se sídlištěm Velká Skála a Bohnice (městská část Praha 8, přibližně 18 000 obyvatel [16]), které jsou dnes obsluhovány pouze autobusovou dopravou. Dolní stanice lanové dráhy bude umístěna v blízkosti železničního nádraží Praha-Holešovice a taktéž stanice metra trasy C (Háje – Letňany). Zároveň je zde umístěn autobusový přestupní terminál. Horní stanice by se pak nacházela na území sídliště Velká Skála, odkud by byl zároveň dobrý přístup do sídliště Bohnice. S ohledem na jeho rozlohu by však stálo za to zvážit doplnění lanové dráhy ekologickou, například

elektrobusovou okružní linkou, která by zajišťovala rozvoz cestujících po samotném sídlišti. Pro umístění obou stanic budou využity volné travnaté plochy. Krátce za dolní stanicí by trasa lanové dráhy nadjížděla čtyřproudou komunikaci Vrbenského a samotnou železniční stanicí Praha-Holešovice. Následně by prostřednictvím velkého volného rozpětí lana překonávala řeku Vltavu a přibližně v polovině trasy by začínalo poměrně strmé stoupání. Kromě nahrazení autobusové dopravy ekologickým druhem dopravy by lanová dráha umožnila zároveň zkrácení cestovní doby až o 9 minut. I zde by bylo samozřejmostí plné tarifní zapojení lanové dráhy do systému pražského IDS.

Topografické údaje:

Vodorovná délka: 2050 m

Převýšení: 130 m

Nadmořská výška dolní stanice: 190 m n. m

Nadmořská výška horní stanice: 320 m n. m



Obr. 27 Trasa LD



Obr. 28 Umístění dolní stanice



Obr. 29 Umístění horní stanice

7.3.2. Návrh druhu lanové dráhy a přepravní kapacity

Podobně jako u projektu lanové dráhy Barrandov – Nové Butovice se i zde nabízí vzhledem k charakteru terénu posouzení dvou druhů lanových drah. V případě vybudování investičně levnější varianty visuté oběžné jednolanové dráhy s odpojitelným uchycením osmimístných (případně desetimístných) kabin by celkový odhadovaný počet podpěr lanové dráhy činil 8 až 10.

Vzhledem k nutnosti překonání řeky Vltavy velkým volným rozpětím lana by zde byla výhodná i visutá oběžná dvoulanová dráha (systém 3S) s odpojitelným uchycením třicetimístných kabin. Její provozní výhody a nevýhody jsou již popsány v kapitole 7.2.2. S ohledem na charakter trasy by zde v případě využití tohoto systému

postačily pouhé 2 až 3 podpěry – první by byla umístěna na břehu řeky Vltavy, druhá v horní části trasy na vrcholu stoupání a případně třetí pak u horní stanice lanové dráhy.

Navrhovaná přepravní kapacita činí v obou variantách 1800 osob/hod, samozřejmě je v budoucnu možnost jejího zvýšení přidáním kabin.

7.3.3. Analýza současné dopravní situace

Lanová dráha by vytvořila přímé a rychlé dopravní propojení městské části Praha-Holešovice s nádražím se sídlištěm Velká Skála a Bohnice. V současnosti je spojení MHD zajištěno kombinací metra a autobusové dopravy, kdy je nutné jet nejprve ze stanice Nádraží Holešovice linkou metra C a ve stanici Kobylisy přestoupit na autobusovou linku č. 200. Celková cestovní doba v současnosti dosahuje 14 minut [17]. Po výstavbě lanové dráhy by tak došlo ke zkrácení cestovní doby až o 9 minut v porovnání se stávajícím systémem MHD.

7.3.4. Výpočet základních technických a provozních parametrů lanové dráhy

Výpočet šikmé délky trasy lanové dráhy:

$$l = \sqrt{l_v^2 + p^2} = \sqrt{2050^2 + 130^2} = 2054m$$

Výpočet průměrného sklonu trasy:

$$s = \frac{p}{l_v} \cdot 100 = \frac{130}{2050} \cdot 100 = 6,34\%$$

Výpočet časového intervalu vozů lanové dráhy:

Varianta oběžné jednolanové osmimístné kabinové dráhy:

$$I = \frac{3600}{1800} \cdot 8 = 16,0s$$

Varianta oběžné dvoulanové třicetímístné kabinové dráhy:

$$I = \frac{3600}{1800} \cdot 30 = 60,0s$$

Určení doby průjezdu vozu stanicí:

Varianta oběžné jednolanové osmimístné kabinové dráhy:

$$t_z = 20 s$$

$$t_{st} = 2 \cdot 1,5 \cdot n + t_z = 2 \cdot 1,5 \cdot 8 + 20 = 44s$$

Varianta oběžné dvoulanové třicetimístné kabinové dráhy:

$$t_z = 35 \text{ s}$$

$$t_{st} = 2 \cdot 1,5 \cdot n + t_z = 2 \cdot 1,5 \cdot 30 + 35 = 125 \text{ s}$$

Výpočet oběžné doby:

Varianta oběžné jednolanové osmimístné kabinové dráhy:

$$t_o = 2 \cdot \left(\frac{l}{60 \cdot v} + \frac{t_{st}}{60} \right) = 2 \cdot \left(\frac{2054}{60 \cdot 6} + \frac{44}{60} \right) = 12,88 \text{ min}$$

Varianta oběžné dvoulanové třicetimístné kabinové dráhy:

$$t_o = 2 \cdot \left(\frac{l}{60 \cdot v} + \frac{t_{st}}{60} \right) = 2 \cdot \left(\frac{2054}{60 \cdot 7,5} + \frac{125}{60} \right) = 13,30 \text{ min}$$

Výpočet cestovní doby:

Varianta oběžné jednolanové osmimístné kabinové dráhy:

$$t_c = \frac{l}{60 \cdot v} + \frac{t_z}{60} = \frac{2054}{60 \cdot 6} + \frac{20}{60} = 6,04 \text{ min}$$

Varianta oběžné dvoulanové třicetimístné kabinové dráhy:

$$t_c = \frac{l}{60 \cdot v} + \frac{t_z}{60} = \frac{2054}{60 \cdot 7,5} + \frac{35}{60} = 5,15 \text{ min}$$

Výpočet potřebného počtu kabin:

Varianta oběžné jednolanové osmimístné kabinové dráhy:

$$N = \frac{60 \cdot t_o}{I} = \frac{60 \cdot 12,88}{16,0} = 49$$

Varianta oběžné dvoulanové třicetimístné kabinové dráhy:

$$N = \frac{60 \cdot t_o}{I} = \frac{60 \cdot 13,30}{60,0} = 14$$

8. Vyhodnocení návrhů

8.1. Ústí nad Labem

V případě výstavby visuté městské lanové dráhy v Ústí nad Labem na trase hlavní nádraží – Severní terasa by došlo k výraznému zkrácení cestovní doby (až o 18 minut v porovnání se současnými systémy MHD), zavedení přímého dopravního spojení mezi těmito lokalitami a taktéž k vyřešení současných dopravních komplikací vznikajících při zhoršených klimatických podmínkách, především v zimě. Lanová dráha je z hlediska vedení trasy navržena ve dvou variantách (s mezistanicí a bez) a dále z hlediska velikosti použitých vozů lze uvažovat o osmimístných nebo desetimístných kabinách. Výstavbou mezistanice by sice došlo ke zvýšení investičních (kromě samotné mezistanice je nutno počítat s vyšším počtem vozů a podpěr) a mírně také provozních nákladů, na druhou stranu by však tato mezistanice umožnila dopravní obsluhu sídliště Skřivánek. Použitím desetimístných kabin místo osmimístných by se na jednu stranu s ohledem na širší stanice a podpěry mírně navýšily pořizovací náklady, na druhou stranu by se však snížily provozní náklady a náklady na údržbu, protože pro dosažení stejné přepravní kapacity by v porovnání s osmimístnou lanovkou stačilo 80% kabin a tedy i spínacích aparátů, které je nutno v pravidelných intervalech kontrolovat. Celkové odhadované investiční náklady lanové dráhy (technologie lanové dráhy, stavební část, vybavení stanic) by v závislosti na provedení stanic dosáhly 250 až 300 mil. Kč v případě varianty bez mezistanice a 300 až 350 mil. Kč v případě varianty s mezistanicí.

8.2. Praha (Barrandov – Nové Butovice)

Visutá lanová dráha v Praze mezi sídlišti Barrandov a Nové Butovice by vytvořila zcela nové přímé dopravní spojení, které by přispělo k výraznému zkrácení cestovní doby (až o 19 minut v porovnání se současnými systémy MHD) mezi těmito dvěma lokalitami. Trasa lanové dráhy by překonávala hluboké Prokopské údolí a vedla tedy převážně mimo zastavěnou oblast, takže o výstavbě mezistanice není v tomto případě třeba uvažovat. Z hlediska druhu je lanová dráha navržena ve dvou variantách – jednolanový systém s osmimístnými kabinami a dvoulanový systém 3S s třicetimístnými kabinami. Výhody a nevýhody obou variant jsou již popsány v kapitole 8.2.2. Kromě plnění funkce městské hromadné dopravy by se lanová dráha díky atraktivnímu vedení trasy jistě stala také vyhledávaným cílem turistů a cyklistů. Celkové odhadované investiční náklady lanové

dráhy by se pohybovaly mezi 250 a 300 mil. Kč v případě varianty jednolanového systému a mezi 350 a 400 mil. Kč v případě varianty dvoulanového systému 3S.

8.3. Praha (Holešovice – Velká Skála)

Vybudování visuté lanové dráhy na trase z nádraží Holešovice do sídliště Velká skála v Praze by umožnilo výrazné zkrácení cestovní doby (až o 9 minut v porovnání se současnými systémy MHD) a také zavedení ekologického druhu dopravy do oblasti, která je v současnosti obsluhována pouze autobusy. Uvažovat o trolejbusové lince ve městě, které trolejbusovou dopravu neprovozuje, je bezpředmětné a vybudování tramvajové tratě nebo linky metra by bylo s ohledem na značné sklonové poměry problematické a několikanásobně nákladnější. I zde by navrhovaná trasa vedla z větší části mimo zastavěnou oblast, takže není nutné uvažovat o zřízení mezistanice a z hlediska druhu lanové dráhy lze taktéž uvažovat o dvou variantách – jednolanový systém s osmimístnými kabinami a dvoulanový systém 3S s třicetimístnými kabinami. Celkové odhadované investiční náklady lanové dráhy by činily 250 až 300 mil. Kč v případě varianty jednolanového systému a 350 až 400 mil. Kč v případě varianty dvoulanového systému 3S.

9. Závěr

V bakalářské práci je posouzena možnost využití lanových drah v městské hromadné dopravě a navrženo jejich uplatnění ve městech České republiky. Tyto lanové dráhy nacházejí největší uplatnění ve městech Jižní Ameriky, v současnosti již ovšem vzniká stále více a více obdobných projektů i v evropských městech a dá se očekávat, že tento trend bude mít rostoucí tendenci. Česká republika by tedy nemusela stát stranou. V úvodu bakalářské práce je zmíněn krátký pohled do historie lanových drah v MHD a jsou popsány výhody, které lanová dráha v porovnání s konvenčními druhy MHD přináší. Následuje popis jednotlivých druhů lanových drah s analýzou možnosti jejich uplatnění v MHD, po kterém následuje charakteristika základních komponentů lanové dráhy. V další části je uveden výpočet základních přepravních parametrů lanových drah a představení již existujících i plánovaných systémů lanových drah v MHD.

Následující část se již zabývá návrhem uplatnění lanových drah v konkrétních lokalitách měst ČR s uvedením a znázorněním předpokládané trasy, analýzou současné dopravní situace, výpočtem základních přepravních parametrů, návrhem druhu lanové dráhy a vyhodnocením návrhů. Jedná se o jednu lokalitu v Ústí nad Labem, kde by lanová dráha propojila hlavní nádraží se sídlištěm Severní terasa, a dvě lokality v Praze, kde by jedna lanovka vytvořila spojení Barrandova s Novými Butovicemi a druhá by spojila Holešovice se sídlištěm Velká Skála. Vyhodnocení těchto návrhů včetně odhadu investičních nákladů je provedeno v kapitole 8.

10. Poděkování

Chtěl bych poděkovat paní doc. Ing. Ivaně Olivkové, Ph.D za vedení bakalářské práce a konzultace, a také panu Ekkehardu Assmannovi a Wolframu Auerovi z firmy Doppelmayr za zaslání potřebných informací k výpočtu přepravních parametrů lanových drah.

11. Seznam použité literatury

- [1] SEEBER, A. *The Renaissance of the Cableway*: Prokopp & Hechensteiner, Bolzano, 2010. 144 s., ISBN 978-886069-006-7.
- [2] GÜNTNER, W. *Seilbahntechnik*: Technische Universität München, 1999. 127 s.
- [3] Materiály firmy Doppelmayr Seilbahnen GmbH
- [4] Materiály firmy LEITNER Ropeways AG
- [5] Materiály firmy Bartholet Maschinenbau AG
- [6] Materiály firmy POMAGALSKI
- [7] DRDLA, P. *Technologie a řízení dopravy - městská hromadná doprava*: Univerzita Pardubice, 2005. ISBN 80-7194-804-7.

Internetové stránky, elektronické dokumenty:

- [8] Doppelmayr Seilbahnen GmbH [online]. [cit. 2012-02-20].
Dostupné z: <<http://www.doppelmayr.com>>
- [9] LEITNER Ropeways AG [online]. [cit. 2012-02-20].
Dostupné z: <<http://www.leitner-lifts.com>>
- [10] Bartholet Maschinenbau AG [online]. [cit. 2012-02-22].
Dostupné z: <<http://www.bmf-ag.ch>>
- [11] Bahnknoten München – Ein Konzept aus einem Guss [online]. [cit. 2012-02-25].
Dostupné z: <http://s-bahn-plus.de/documents/110512-BKS-BahnknotenMUC-20110512_000.pdf>
- [12] POMAGALSKI [online]. [cit. 2012-02-22].
Dostupné z: <<http://www.poma.net>>
- [13] Hamburger Seilbahn [online]. [cit. 2012-03-12].
Dostupné z: <<http://www.hamburger-seilbahn.de>>
- [14] Statutární město Ústí nad Labem [online]. [cit. 2012-03-28].
Dostupné z: <<http://www.usti-nad-labem.cz>>
- [15] Dopravní podnik města Ústí nad Labem [online]. [cit. 2012-03-28].
Dostupné z: <<http://www.dpmul.cz>>
- [16] Portál hl. m. Prahy [online]. [cit. 2012-03-30].
Dostupné z: <<http://www.praha.eu>>
- [17] Dopravní podnik hlavního města Prahy [online]. [cit. 2012-03-30].
Dostupné z: <<http://www.dpp.cz>>

12. Zdroje obrázků

Radim Polcer	Obr. 3, 4, 16 a 17
Doppelmayr Seilbahnen GmbH	Obr. 9 a 10
LEITNER Ropeways	Obr. 13
http://www.streetfilms.org	Obr. 1
http://www.bahnbilder.de	Obr. 2
http://www.remontees-mecaniques.net	Obr. 5 a 15
http://www.noticias.r7.com	Obr. 6
http://www.spiegel.de	Obr. 7
http://www.gondolaproject.com	Obr. 8
http://aefirms.wordpress.com	Obr. 11
http://www.orenstransitpage.com	Obr. 12
http://www.metromost.com	Obr. 14
http://www.hamburger-seilbahn.de	Obr. 18
http://www.mapy.cz	Obr. 19 až 29